Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie
und Ernährungsphysiologie (Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker)
des Fachbereichs Tiermedizin der Universität München

Der Einfluß von Goldhafer (Trisetum flavescens) und Solanum malacoxylon auf die Eischalenqualität

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
HORST REICHENBÄCHER
aus Bamberg

München 1979

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie
und Ernährungsphysiologie (Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker)
des Fachbereichs Tiermedizin der Universität München

Der Einfluß von Goldhafer (Trisetum flavescens) und Solanum malacoxylon auf die Eischalenqualität

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
HORST REICHENBÄCHER
aus Bamberg

München 1979

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Tiermedizin
der Universität München

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. H. Kräußlich
Referent: Prof. Dr. H. Zucker
Korreferent: Prof. Dr. A. Petter

Tag der Promotion: 23. Februar 1979

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535722_0045

0 INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG 1

1.1 Die kalzinogenen Pflanzen Trisetum flavescens (Goldhafer) und Solanum malacoxylon 1

1.2 Problemstellung 3

2 BILDUNG UND REIFUNG DES EIES 4

2.1 Entstehung des Dotters und Eiklars ... 4

2.2 Der Mechanismus der Eischalenverkalkung 6

3 FAKTOREN, DIE DIE EISCHALE BEEINFLUSSEN 9

3.1 Kalziumangebot im Futter 9

3.2 Vitamin D_3, seine Metaboliten und deren Beteiligung an der Eischalenbildung 9

3.3 Alter der Legetiere 13

3.4 Hohe Stalltemperaturen 14

3.5 Das Leistungsabfall-Syndrom 15

4 EIGENE UNTERSUCHUNGEN 16

4.1 Bestimmung der Vitamin D_3-artigen Aktivität in den kalzinogenen Pflanzen Trisetum flavescens und Solanum malacoxylon im biologischen Verfahren an der japanischen Wachtel 16

4.1.1 Methodik 17

4.1.2 Bestimmung der Goldhaferaktivität (Versuch I) 21

4.1.3	Bestimmung der Aktivität von Solanum malacoxylon und 1,25 $(OH)_2$-D_3 (Versuch II)	29
4.2	Einfluß von Trisetum flavescens bzw. Solanum malacoxylon auf den Prozeß der Eischalenbildung bei weißen Leghornhennen	33
4.2.1	Methodik	33
4.2.2	Trisetum flavescens und Vitamin D_3: Wirkungen auf Eischalenqualität und Legeleistung (Versuch I)	40
4.2.3	Goldhaferextrakt und Vitamin D_3: Wirkungen auf Eischalenqualität und Legeleistung (Versuch II)	44
4.2.4	Goldhaferextrakt, Vitamin D_3 und Solanum malacoxylon: Wirkungen auf Eischalenqualität und Legeleistung (Versuch III)	49
4.2.5	Goldhaferextrakt, Vitamin D_3, Solanum malacoxylon: Beeinflussung von Eischale und Legeleistung (Versuch IV)	54
4.3	Der Einfluß von Solanum malacoxylon auf Eischale und Legeleistung junger Wachteln unter Berücksichtigung möglicher innerer Verkalkungen bzw. Intoxikationserscheinungen	59
4.3.1	Tiermaterial und Versuchsdurchführung (Versuch 1)	59
4.3.2	Ergebnisse und histologisch-pathologischer Untersuchungsbefund (Versuch 1)	62
4.3.3	Tiermaterial und Versuchsdurchführung (Versuch 2)	63
4.3.4	Ergebnisse und histologisch-pathologischer Untersuchungsbefund (Versuch 2)	65
5	DISKUSSION	67
5.1	Konzentrationsbestimmung der Vitamin D_3-artig wirkenden Substanzen in Trisetum flavescens und Solanum malacoxylon	67

5.2 Einfluß von Vitamin D_3, Goldhafer und Solanum malacoxylon auf die Eischalenqualität von Leghornhennen 67

5.3 Die Wirkung von Solanum malacoxylon auf junge Wachteln im Hinblick auf mögliche Verkalkungen innerer Organe und Kalziumausscheidung über das Ei 70

6 ZUSAMMENFASSUNG 72

7 SUMMARY 73

8 LITERATUR 74

9 LEBENSLAUF 88

1 EINLEITUNG

Das Phänomen der Dünnschaligkeit bei Hühnereiern scheint bei manchen Rassen vererbt zu werden (TAYLOR und LERNER, 1939).
Die Eischalenbildung unterliegt daneben einer Reihe anderer Einflüsse wie Fütterung, Haltung, Alter, Jahreszeit und Gesundheitszustand.
Dünnschalige Eier werden vermehrt bei Hühnern beobachtet, die sich am Ende ihrer Legeperiode befinden. Trotz optimaler Fütterungs- und Haltungsbedingungen, kommt es zu einer mangelhaften Ausnutzung des Futterkalziumangebotes, dies führt dann zu verringerter Eischalenkalzifizierung.

Verschiedentlich wurde versucht, durch Vitamin D_3-Futterzusätze eine Verbesserung der Schalenqualität herbeizuführen. Dabei konnten jedoch keine deutlichen Erfolge erzielt werden (BERG et al.1951; HERTELENDY und TAYLOR, 1960; GARLICH und WYATT, 1971; McLOUGHLIN und SOARES, 1976).

Auf der Suche nach weiteren Vitamin D_3- artigen Verbindungen, die einen positiven Effekt auf die Eischale haben könnten, stieß man auf die beiden kalzinogenen Pflanzen Trisetum flavescens und Solanum malacoxylon.

1.1 Die kalzinogenen Pflanzen Trisetum flavescens (Goldhafer) und Solanum malacoxylon

Seit Beginn der sechziger Jahre wurden in Grünlandbetrieben des bayerischen und österreichischen Alpenvorlandes Krankheiten des Rindes beobachtet, die mit teilweiser exzessiver Verkalkung einhergehen.

Pathologisch-anatomisch zeigt die chronisch verlaufende Erkrankung Verkalkungen in verschiedenen Weichgeweben, insbesondere in den Blutgefäßen.
Das gesamte Erscheinungsbild besitzt große Ähnlichkeit mit einer Vitamin D-Intoxikation.
DIRKSEN et al.(1972) konnten nachweisen, daß diese Verkalkungsprozesse auf den Verzehr des Weidegrases Trisetum flavescens (Goldhafer) zurückzuführen sind.

Eine vergleichbare Erkrankung wurde in Argentinien unter dem Namen "Enteque seco" und in Brasilien als "Espichamento" beschrieben (COLLIER, 1927; CARILLO und WORKER, 1967; DÖBEREINER et al., 1971).
Der Verzehr der Blätter von Solanum malacoxylon, einer Solanazee, ist der Auslösefaktor der dortigen Kalzinose (WORKER und CARILLO, 1967; CARILLO und WORKER, 1967).

Die beiden Pflanzen, die auf Grund des entstehenden Krankheitsbildes eine Vitamin D_3-ähnliche Wirksubstanz enthalten müssen, verursachen eine Hyperkalzämie und über die Hemmung der Parathyreoideafunktion auch eine Hyperphosphatämie.

Dies führt zu einem so hohen Gehalt an Kalziumphosphaten, daß nicht alles im Knochen deponiert werden kann. Es erfolgt eine Ablagerung vornehmlich in den basischen Grundsubstanzen.

Das zur Familie der Gramineen gehörende Trisetum flavescens gilt als wertvolle Futterpflanze. Goldhafer wächst vorwiegend im bayerischen und österreichischen Voralpenland in einer Höhe von 500 - 1 200 m.

Versuche im Flachland haben gezeigt, daß die kalzinogene Eigenschaft keineswegs an eine bestimmte Meereshöhe, Bodenformation oder klimatische Bedingung gebunden ist (DIRKSEN et al.,1974).

Die Hauptaktivität des kalzinogenen Wirkstoffes ist in den Blättern der Pflanze konzentriert, während Blüten, Stiele und Wurzeln nur eine unbedeutende Aktivität aufweisen (RAMBECK et al.,1978).

Aus lyophilisiertem und gemahlenem Goldhafer gelang es ZUCKER et al.(1977) eine biologisch hochaktive Fraktion mit Steroidcharakter zu extrahieren. Durch Anreicherung und Isolierung des kalzinogenen Wirkstoffes konnte der Nachweis erbracht werden, daß das aktive Prinzip von Trisetum flavescens nicht identisch ist mit dem von Solanum malacoxylon.

Die chemische Natur des kalzinogenen Faktors der südamerikanischen Pflanze Solanum malacoxylon konnte in jüngster Zeit aufgeklärt werden. Nach HAUSSLER et al. (1976) und PETERLIK et al.(1976) handelt es sich dabei um das wasserlösliche Glykosid von 1,25 - Dihydroxycholecalciferol ($1,25\ (OH)_2 - D_3$), einem aktiven Metaboliten von Vitamin D_3. Da das $1,25\ (OH)_2 - D_3$ nicht mehr wie Vitamin D_3 der Regulation in der Niere unterliegt, kommt es nach dem Verzehr der Pflanze zu den beschriebenen Verkalkungen.

1.2 Problemstellung

Die Stabilität der Eischale gilt als Qualitätsmerkmal und stellt einen wichtigen Faktor in der Geflügelwirtschaft dar.

Der durch Eischalendefekte entstehende jährliche Verlust beläuft sich in den USA allein auf über 60 Millionen Dollar (SUNDE, 1971).

MORRIS (1977) konnte beim Verfüttern einer 0,35 %igen Solanumfutterzulage einen deutlich schalenverbessernden Effekt bei Hennen, die am Ende des ersten Legejahres standen, beobachten.

Hauptgegenstand unserer Untersuchungen war es, zu prüfen, inwieweit sich neben Solanum malacoxylon das Gras Trisetum flavescens dazu eignet, die Qualität der Eischale zu verbessern.

Um die Vitamin D_3-adäquate Aktivität von Solanum malacoxylon bzw. Goldhafer zu ermitteln, mußten die Wirkstoffe dieser beiden Pflanzen einem Vitamin D_3-Standard in einem biologischen Bestimmungsverfahren gegenübergestellt werden. Dazu sollte der Eischalentest an japanischen Wachteln herangezogen werden.

Inwieweit der von MORRIS (1977) beschriebene schalenverbessernde Effekt auf Kosten möglicher Verkalkungen oder Intoxikationen, wie sie bei Kükenfütterungsversuchen mit Solanum malacoxylon beobachtet wurden (ROSS et al.,1971), "erkauft" werden muß, sollte ebenfalls untersucht werden.

Um hierbei zu einer möglichst schnellen Aussage zu kommen, wurde die japanische Wachtel als Versuchstier herangezogen.

2 BILDUNG UND REIFUNG DES EIES

2.1 Entstehung des Dotters und des Eiklars

Die definierte Zahl der Eizellen ist vorgebildet, wobei das Wildhuhn ca. 500, das Haushuhn zwischen 1 250 (schwere Rassen) und etwa 2 000 Oogonien (leichte Rassen) besitzt.

Unter dem Einfluß des follikelstimulierenden Hormons (FSH) entwickeln sich die im Eierstock angelegten Oogonien, die nun ihrerseits Keimdrüsenhormone, Östrogene und Androgene, ausschütten. Durch die Östrogenstimulation erfolgt ein Wachstum des Follikels durch verstärkte Einlagerung von Dottermaterial. Dieses wird in der Leber synthetisiert und von da über die Blutbahn zum Ovar hin transportiert.

Nach Abschluß von Wachstum und Reife platzt der Follikel an einer gefäßfreien Stelle seiner Hülle, einer S-förmigen Sprungnarbe (Stigma), und die Passage durch den Eileiter beginnt (s.Abb.1).

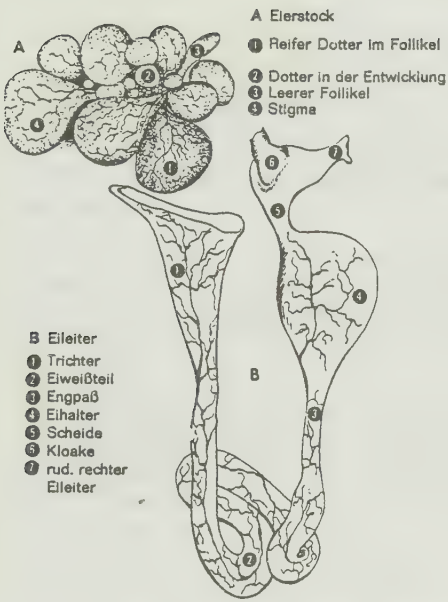


Abbildung 1 Die Legeorgane eines Huhnes
aus: SCHOLTYSSEK (1968)

Die Bildung des Eiklars findet in den Schleimhautdrüsen des Magnums (Pars albuminifera) statt, also dem Teil des Eileiters, der auf das Infundibulum (Eileitertrichter) folgt.

Durch eine schraubende Bewegung gelangt die Dotterkugel in den Isthmus (Engpaß), wo die Schalenhaut des Eies gebildet wird.
Schließlich erfolgt die Aufnahme im Uterus (Eihalter oder Schalendrüse). Der Rest des Eiklars diffundiert durch die Schalenhäute; infolge dieser Flüssigkeitsaufnahme findet eine Straffung der vorher locker umgebenden Schalenhäute statt. Dieser Vorgang wird als "plumping" bezeichnet (GILBERT, 1971).

GILBERT (1971) ordnet der Eileiterpassage folgende Zeitwerte zu:

Infundibulum	0,25 - 0,5 h
Magnum	2,0 - 3,0 h
Isthmus	1,25 h
Uterus	18,0 - 20,0 h

Demnach liegt die gesamte Oviduktpassage zwischen 21,5 und 24,75 Stunden.

2.2 Der Mechanismus der Eischalenverkalkung

Durchschnittlich wiegt die Schale eines Hühnereies etwa 5 g. Mehr als 90 % davon (vgl.Tab.1) sind Kalziumkarbonat - die tatsächliche Menge hängt von Größe und Dicke der Eischale ab.

Tabelle 1 Mineralstoffgehalt der Eischale (%) nach HOFFMANN und VÖLKER (1966)

Kalziumkarbonat	90,0 - 93,7
Magnesiumkarbonat	0,5 - 1,4
Phosphorsäure	0,4 - 0,76
Organische kreatinähnliche Substanzen	3,5 - 6,5

Während des Hauptprozesses der Schalenverkalkung werden dem Blut in der Stunde ca. 125 mg Kalzium entzogen (BURMESTER et al., 1939).

Die durchschnittliche Kalziumkonzentration einer mittelschweren Legehenne beträgt im Blutplasma rund 20 - 30 mg (entspricht 5,0 - 7,5 mmol/l). Da nun die Kalziumablagerung beim Eischalenbildungsprozeß mit einer Geschwindigkeit von 125 mg/h abläuft, folgt daraus, daß dem Blut alle 12 Minuten 25 mg Kalzium entzogen werden müssen.

Dies entspricht der Menge Kalzium, die gerade im Blut zirkuliert.

Da es in den weichen Geweben, einschließlich des Blutes, keine großen Vorräte an Kalzium gibt, um den enormen Bedarf der Schalendrüse während der Schalenbildung zu decken, kommen als einzige Quellen für das Kalzium die über das Futter angebotene Mineralstoffmenge oder das Skelett in Betracht.

Durch radioaktiv-markiertes Kalzium (^{45}Ca) konnte von mehreren Arbeitsgruppen gezeigt werden, daß das für die Schalenkalzifizierung benötigte Kalzium sowohl aus dem Futter als auch den Depots der Knochen stammt (TAYLOR und MOORE, 1954; TYLER, 1954; BRAGG et al., 1971).

Tatsächlich gelingt es der Legehenne bei einer kalziumfreien Fütterung in 15 - 16 h etwa 2 g Kalzium aus dem Skelett zu mobilisieren (TAYLOR, 1970); dies sind 8 - 10 % des gesamten Knochenkalziumgehaltes.

Bereits eine 4tägige Kalziumdepletion führt zum Phänomen der Dünnschaligkeit bzw. zu schalenlosen Eiern.

Die Fähigkeit des Huhnes, 10 % seiner gesamten Knochensubstanz in weniger als einem Tag zu mobilisieren, hängt mit dem anatomischen Aufbau seiner Markknochen, insbesondere des Metatarsus (TAYLOR et al., 1958) zusammen. Dieser Knochen ähnelt in seiner Struktur dem Epiphysenknochen wachsender Tiere. Während einer Legeperiode unterliegen die Markknochen der Vogelhennen einem ständigen Auf- und Abbau von Knochensubstanz.
Dabei treten beim Kalzifizierungsprozeß der Eischale Osteoklasten (Knochenbrecher) in Aktion, um das in der Schalendrüse benötigte Kalzium freizustellen. Die Zeit zwischen zwei Schalenbildungsprozessen wird von den Osteoblasten (Knochenbildner) genutzt, um Kalzium wieder in das Skelett einzulagern (BLOOM et al., 1958).

Auf die Bedeutung des Enzyms Carboanhydratase (CA) und seine Beziehung zur Kalzifizierung sei nur kurz hingewiesen.

Abbildung 2 zeigt, daß die CA eine zentrale Stellung einnimmt, indem sie die Bildung von Bikarbonationen (HCO_3^-) katalysiert. Die Hinreaktion stellt das erforderliche Anion zur Bildung von Kalziumkarbonat ($CaCO_3$) bereit. Daraus entsteht Calcit, die einzige in der Eischale vorkommende Kristallform, wenn man von Spuren an Aragonit absieht.

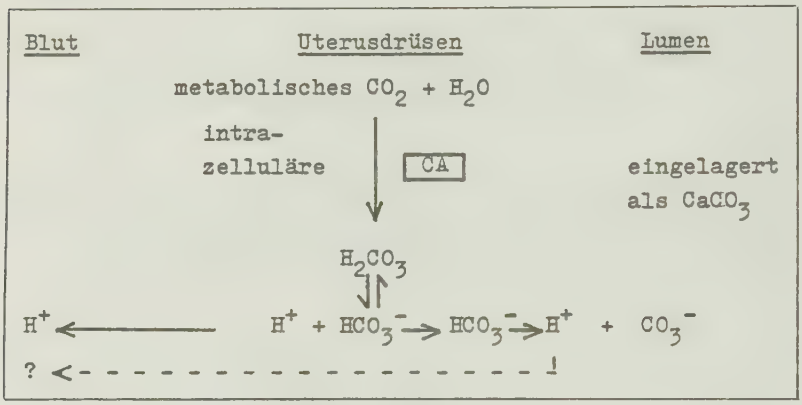


Abbildung 2 Mechanismus der Karbonat-Bereitstellung für die Eischalenbildung (nach HODGES und LÖRCHER, 1967)

Bei Gabe von Sulfonamiden kann die Carboanhydratase gehemmt werden und es kommt zur Produktion dünner, rauhschaliger oder schalenloser Eier (SCOTT et al., 1944; BENESCH et al.,1944; GUTOWSKA und MITCHELL, 1945).

Auf die Bedeutung des Vitamin D_3-abhängigen kalziumbindenden Proteins (CaBP) für die Eischalenbildung wird in Kapitel 3.2 genauer eingegangen.

3 FAKTOREN, DIE DIE EISCHALE BEEINFLUSSEN

3.1 Kalziumangebot im Futter

Um eine befriedigende Schalenqualität zu erzielen, sind sowohl ausreichende Mengen an Kalzium, als auch ein bestimmter Vitamin D_3-Gehalt im Futter erforderlich. Über die Höhe der einzelnen Dosierungen im Futter liegen umfangreiche Studien vor.
Während ältere Untersuchungen (NORRIS et al.,1934; TITUS et al.,1937; GUTOWSKA und PARKHURST, 1942; BERG et al., 1944) ein Kalziumangebot von 1,6 - 2,1 % empfehlen, halten neuere Untersuchungen (PETERSEN et al.,1960; HARMS und WALDROUP, 1961; REDDY und SANFORD, 1963; BRAGG et al., 1971) einen Kalziumgehalt von 2,75 - 4,6 % im Futter für wirkungsvoller.

Eine optimale Kalziumversorgung in der Nahrung bleibt ohne zusätzliche Vitamin D_3-Zufuhr wirkungslos.

3.2 Vitamin D_3, seine Metaboliten und deren Beteiligung an der Eischalenbildung

Das chemische Grundgerüst der D-Vitamine leitet sich von den Sterinen ab. Insgesamt sind über 10 Sterinderivate bekannt, die eine Vitamin D-Wirkung entfalten. Für die praktische Ernährung haben jedoch nur die Vitamine D_2 und D_3 Bedeutung.
Über die Ursachen der geringen Vitamin D_2-Wirkung beim Vogel ist nichts Sicheres bekannt.

Die Vorstufen der beiden D-Vitamine sind das in Pflanzen enthaltene Ergosterin und das im Tierkörper reichlich vorkommende 7-Dehydrocholesterin, die durch Einwirkung des natürlichen Sonnenlichtes in die entsprechenden Vitamin D-Formen überführt werden.

Dabei wird das mit der Nahrung aufgenommene oder in der Haut photochemisch synthetisierte Vitamin D_3 zuerst zur Leber transportiert und dort am Kohlenstoff 25 zu 25 - Hydroxycholecalciferol (25 (OH) - D_3) hydroxyliert (TOFFOLON et al.,1975).

In der Niere erfolgt der zweite Hydroxylierungsschritt an der C-1-Position des A-Ringes zur aktivsten Wirkform, dem 1,25 - Dihydroxycholecalciferol (1,25 $(OH)_2$ - D_3), durch das die Synthese eines kalziumbindenden Proteins induziert wird (s.Abb.3).

Die D-Vitamine stellen den wichtigsten Faktor für eine optimale Kalziumverteilung dar (WASSERMAN und CORRADINO, 1971).
Neben Parathormon und Calcitonin sind die D-Vitamine die Hauptregulatoren für die Kalzium - Homöostase im Extrazellulärraum. Bei dieser Kontrollfunktion stehen zwei Hauptwirkungen im Vordergrund:

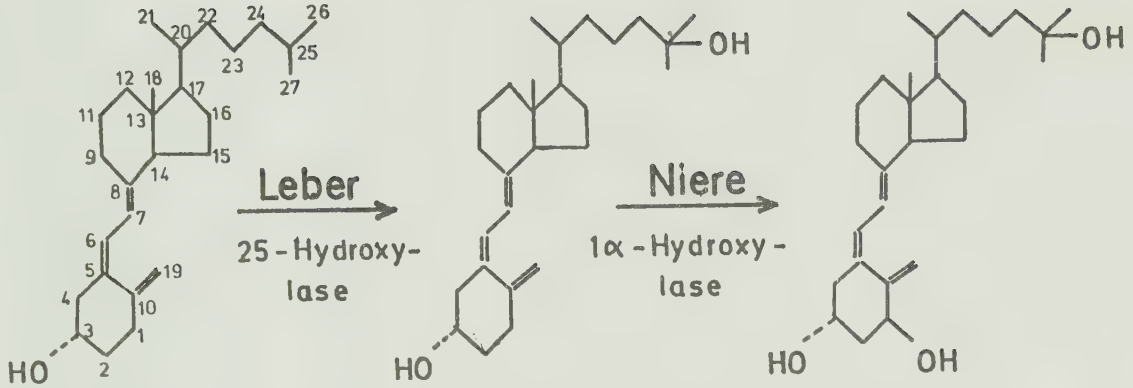
- eine intestinale (die Kalziumresorption aus dem Dünndarm),
- eine ossäre (die Mobilisierung des Knochenkalziums)

(AVIOLI, 1969; DE LUCA, 1974).

Zur Aufrechterhaltung einer normalen Schalenqualität werden Vitamin D_3-Dosierungen zwischen 400 und 600 I.E./kg vorgeschlagen (GARLICH und WYATT, 1971; SCOTT und COMBS, 1973).
Eine Dosierung, welche die empfohlenen Werte übersteigt, erbringt keine signifikante Verbesserung der Schalenqualität (GARLICH und WYATT, 1971).

Die Verfütterung von Vitamin D_3-Metaboliten zielt auf die Optimierung intestinaler Kalziumresorption ab.

Die Bildung von kalziumbindenden Proteinen in Abhängigkeit von Vitamin D_3 konnte durch TAYLOR und WASSERMAN (1967) nachgewiesen werden.



D_3 $25(OH)D_3$ $1\alpha,25(OH)_2D_3$

Abb. 3 Bildung des Vitamin-Hormons $1,25(OH)_2D_3$

Die bisherigen Ergebnisse physiologischer und biochemischer Untersuchungen sprechen für eine Beteiligung des Kalzium - bindenden - Proteins (CaBP) am aktiven Kalziumtransport und zwar im Sinne eines "Carriers" (WASSERMAN und TAYLOR, 1974; KOLATA, 1975).

Das CaBP ist im Tierreich weit verbreitet (KALLFELZ et al.,1967; DRESCHER und DE LUCA, 1971; WASSERMAN und TAYLOR, 1971, 1974; HITCHMAN und HARRISON, 1972; DORRINGTON et al.,1974; FULLMER und WASSERMAN, 1975). Für seine Synthese ist das in der Niere gebildete 1,25 $(OH)_2$ - D_3 verantwortlich.

1,25 $(OH)_2$ - D_3 wirkt auf den Nukleus der Zelle und fördert die Bildung einer spezifischen m - RNS für das Protein mit Kalzium-bindender Eigenschaft.

1,25 $(OH)_2$ - D_3 kann somit als Steroidhormon angesehen werden, da es auf der Stufe der Genübertragung wirkt (LAWSON et al.,1971; CORRADINO, 1973; EMTAGE et al.,1973; 1974; KODICEK, 1974; HAUSSLER, 1975; NORMAN et al.,1975).

Eine erhöhte Konzentration an CaBP im Darm ist verknüpft mit einer Stimulierung des intestinalen Kalziumtransportes (NORMAN, 1974).

Der vermutete Anstieg intestinaler Kalziumresorption nach der Verabreichung von 1,25 $(OH)_2$ - D_3, bzw. 1α (OH) - D_3 (einem synthetischen Vitamin D_3 - Metaboliten, der in der Leber sofort zu 1,25 $(OH)_2$ - D_3 hydroxyliert wird) konnte nachgewiesen werden (BAR et al.,1978).

Auch im Uterus (Schalendrüse) legender Hennen wurde ein CaBP nachgewiesen (CORRADINO et al.,1968). Es scheint am Kalziumtransport im Uterus während der Eischalenbildung beteiligt zu sein.

Bei Einsetzen der Legetätigkeit erhöht sich die Konzentration von uterinem und intestinalem CaBP (BAR et al.,1978), um gegen Ende eines Legejahres wieder abzusinken.

Der Schluß liegt nahe, daß man durch die Beeinflussung der Konzentration von uterinem CaBP eine Erhöhung des Kalziumtransfers bewirken könnte und somit die Kalziumeinlagerung in die Eischale verbessert.

Unter der Annahme, daß die Synthese von uterinem CaBP ähnlich beeinflußbar ist wie die Bildung von intestinalem CaBP, wurden verschiedene Versuche unternommen.

Die Verabreichung von 1 α (OH)-D_3 steigert zwar die intestinale CaBP-Synthese, die uterine CaBP-Bildung und die Kalziumeinlagerung in die Eischale bleiben jedoch unverändert (BAR et al.,1978).

Eine gleichzeitige Kalzium- und Vitamin D_3-Restriktion im Futter bewirkt das Auftreten dünnschaliger Eier. Ein Kalziumunterangebot im Futter bei ausreichender Vitamin D_3-Versorgung (insbesondere in Form des aktiven Metaboliten 1,25 $(OH)_2$-D_3) regt den intestinalen Kalziumtransport über die vermehrte Bildung von CaBP im Darm an; ein Anstieg des uterinen CaBP bzw. eine erhöhte Kalziumeinlagerung in die Eischale konnte unter diesen Bedingungen nicht beobachtet werden (BAR et al., 1978).
Im Gegensatz zu anderen Autoren (CORRADINO et al.,1968; MORRIS, 1977) vertritt die Arbeitsgruppe um BAR die Ansicht, daß Vitamin D_3 bzw. einer seiner Metaboliten uterines CaBP und die Kalziumeinlagerung in die Eischale nicht beeinflußt.

3.3 Alter der Legetiere

Jeweils am Ende einer Legeperiode tritt beim Huhn gehäuft das Phänomen der Dünnschaligkeit auf.
Über den Mechanismus dieser physiologischen Hemmung, d.h. der Reduktion der Eischalenbildung, gibt die verfügbare Literatur keine Auskunft.

Da für den Kalziumtransport das CaBP verantwortlich zu sein scheint, ist es durchaus denkbar, daß eine Vielzahl von Faktoren endogener und exogener Art entscheidende Veränderungen an diesem Kalzium-Bindungskomplex hervorrufen.
Trotz ausreichender Kalziumfütterung könnte eine verminderte Bereitstellung von Ca^{2+} infolge schlechter Bindung an das genannte Protein in Frage kommen.
Die Synthese dieses CaBP könnte beeinträchtigt sein; damit stünde im Endeffekt zu wenig Kalzium zur Eischalenbildung bereit (BAR und HURWITZ, 1972).

3.4 Hohe Stalltemperaturen

Zusammenhänge zwischen Schalenstärke und der Umgebungstemperatur werden immer wieder bestätigt (NORDSTROM et al.,1972; NORDSTROM, 1973; BRAGG et al., 1971).

Die auffallenden Qualitätsminderungen der Eischalen bei hohen Stalltemperaturen während der heißen Jahreszeit hängen nach SCHOLTYSSEK und HÄUSSERMANN (1963) nicht allein mit dem verringerten Futterverzehr, also dem niedrigen Kalziumangebot zusammen, vielmehr wird der Ausnutzungsgrad für das Kalzium durch den erhöhten Stoffwechsel reduziert.

Vermutlich wird bei der Eibildung Energie in Form von Wärme frei - die eigene Körpertemperatur steigt.

Um dies zu vermeiden, muß der Eibildungsprozeß verkürzt werden; diese Tatsache führt dann zu einer verminderten Eischalenqualität (NORDSTROM, 1973).

Während THORNTON (1959 u.1960) dem ungünstigen Effekt der höheren Temperaturen durch eine Beigabe von Vitamin C begegnen könnte, war dies von anderen Autoren (PEPPER, 1961; SCHOLTYSSEK und HÄUSSERMANN, 1963) nicht bestätigt worden.

3.5 Das Leistungsabfall - Syndrom (BERN et al.,1978)

Dieses Syndrom betrifft sowohl Mastelterntiere als auch Legehennen jeder Altersstufe.
Die Ursache dieser Erkrankung ist noch ungeklärt. Wahrscheinlich handelt es sich um einen aus verschiedenen Faktoren oder Faktorenkombinationen zusammengesetzten Komplex, der zu ein und demselben Syndrom führt
- einer mangelhaften Resorption der Vitamine, Spurenelemente und essentiellen Aminosäuren.
Schlechte Schalenqualitäten, wenig uniforme Eigrößen und ein durchschnittlich niedrigeres Eigewicht sind eine Folge davon.

4 EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Tabelle 2 Charakterisierung der in den Untersuchungen verwendeten Substanzen

	Standort - Jahr	Hersteller
Trisetum flavescens	Oberschleißheim 1977	
Solanum malacoxylon	Argentinien 1977 Brasilien 1974	
Vitamin D_3 Standard	1977	Hoffmann-La Roche AG - Grenzach
1,25 $(OH)_2$ - D_3	1977	Hoffmann-La Roche AG - Basel

4.1 Bestimmung der Vitamin D_3-artigen Aktivität in den kalzinogenen Pflanzen Trisetum flavescens und Solanum malacoxylon im biologischen Verfahren an der japanischen Wachtel

Dieses von ZUCKER und GROPP (1968) entwickelte biologische Verfahren weist die Proportionalität zwischen Vitamin D_3-Zufuhr über das Futter und dem Kalziumgehalt der Eischale nach.

Als Meßkriterium für die Vitamin D_3-Konzentration im Futter diente die durchschnittliche Kalziumausscheidung über die Eischale, bestimmt als Eischalentrockengewicht (mg/Tier/Tag).

4.1.1 Methodik

Über 14-Tage-depletierte Wachtelhennen erhielten ein Legewachtelalleinfutter mit drei verschiedenen Vitamin-D_3- bzw. Vitamin-D_3-äquivalenten Konzentrationen.

Die Ergebnisse wurden in Form einer Dosis-Wirkungskurve bestimmt.
Darunter versteht man die graphische Darstellung der gemessenen Reaktion (Eischalentrockengewicht /Tier/Tag) in Abhängigkeit von der Dosis des Untersuchungsmaterials (Vitamin D_3, Trisetum und Solanum) in einem Koordinatensystem, dessen Abszisse die Dosis und dessen Ordinate die Reaktion wiedergibt.

4.1.1.1 Tiermaterial

Die Legetiere stammten aus der institutseigenen Zucht. Das Alter der Tiere lag zu Versuchsbeginn bei 18 Wochen (Versuch I) bzw. 31 Wochen (Versuch II). Alle Wachteln wurden jeweils zu Beginn der Testperiode individuell mit Flügelmarken versehen.

4.1.1.2 Depletion

Die Depletionsperiode, die bei der japanischen Wachtel in der Regel 14 Tage bis 3 Wochen andauert, dient dazu, um die Vitamin-D_3-Speicher im Gewebe abzubauen und anschließend ein gleichmäßig depletiertes Tiermaterial zur Verfügung zu haben.

Es konnte nachgewiesen werden, daß die Wachtel zwar in der Lage ist, in gewissem Umfang Vitamin-D_3 im Körper zu speichern und es in einer Mangelperiode zu mobilisieren, jedoch ist die Zeit zwischen Vitamin-D_3-Entzug und dem ersten Auftreten von Vitamin-D_3-Mangelerscheinungen, die sich in einer reduzierten Legeleistung und in dünnschaligen bzw. schalenlosen Eiern äußern, relativ kurz.
Selbst Wachtelhennen, die über längere Zeit ein Vitamin-D_3-Angebot von 8 000 I.E./kg Futter erhielten, konnten die anschließende Depletionsperiode nicht länger als 30 Tage überbrücken (HOFMANN, 1971).

Die Testperiode kann beginnen, wenn die Kalziumausscheidung der Tiere über die Eischale etwa 48 $\pm$ 12 mg Schalentrockengewicht /Tier/Tag beträgt.

Tabelle 3 Vitamin D_3 - freie Basalration und errechnete Nährstoffgehalte (%)

Mais	41,0	Rohprotein	23,4
Sojaschrot (44 % Rohprotein)	44,0	Rohfett	6,6
Sojaöl	5,0	Rohfaser	4,3
Anilac (teilentzuckertes Molkepulver)	1,0	Ca	3,1
Kalziumkarbonat	6,8	P	0,3
Kalziumhydrogenphosphat	1,4	Asche	12,0
Kochsalz	0,4		
D_3-freie Vitaminvormischung[+)]	0,1		
Spurenelemente[++)]	0,1		
DL - Methionin	0,2		
	100,0		

[+)] Gehalte pro kg Futter (Trägersubstanz: Sojafeinmehl)

Vitamin A	5 000 I.E.	Biotin	0,03 mg
Vitamin E	16,7 mg	Folsäure	0,07 mg
Vitamin K_3	0,43 mg	Ca-Pantothenat	6,67 mg
Vitamin B_1	1,67 mg	Nikotinsäure	16,7 mg
Vitamin B_2	2,4 mg	Cholinchlorid	187,0 mg
Vitamin B_6	1,0 mg	Ascorbinsäure	26,7 mg
Vitamin B_{12}	10 mcg		

[++)] Spurenelementvormischung (ppm)

$FeSO_4 \times 7\ H_2O$	100,5	KJ	2,3
$ZnSO_4 \times 7\ H_2O$	85,4	$CoSO_4 \times 6\ H_2O$	0,9
$MnSO_4 \times H_2O$	84,5	NaF	4,5
$CuSO_4 \times 5\ H_2O$	12,7	$NaSeO_3 \times 5\ H_2O$	0,9

4.1.1.3 Haltung der Versuchstiere

Jeweils drei Wachtelhennen wurden in einem Plastikeimer mit schräggestelltem Drahtgitter gehalten (= 1 Käfigeinheit).
Der ca. 16 m^2 große Versuchsstall war insgesamt mit 80 Käfigeinheiten belegt, wobei auf jeder Stallseite 32 untergebracht waren.

Futter und Wasser konnte von den Tieren ad libitum aufgenommen werden.

Eine 24-stündige Dauerbeleuchtung wurde durch Verwendung zweier Lichterketten mit jeweils acht 60 Watt-Birnen erreicht.

Die Birnen waren so angebracht, daß sich für die 80 Käfigeinheiten Beleuchtungswerte zwischen 130 und 200 lux ergaben.
Die Stalltemperatur wurde mit einem elektrischen Heizkörper konstant auf 18 - 20° C gehalten.

4.1.1.4 Die Rationen

Als Basalration diente die Vitamin D_3-freie Futtermischung (s. Tab. 3). Diese wurde entweder mit den Prüfpräparaten (Trisetum flavescens bzw. Solanum malacoxylon) oder mit den als Bezugsbasis dienenden suboptimalen Standarddosen in verschiedenen Konzentrationen vermischt.

Da im Bereich zwischen 80 und 300 I.E. Vitamin D_3/kg Futter eine lineare Beziehung zwischen Vitamin-D_3-Angebot und Eischalenkalzifizierung besteht (ZUCKER und GROPP, 1968), wurden für die Standardrationen die Dosierungen 80, 140 und 200 I.E. Vitamin D_3/kg Futter gewählt.

Als Standardpräparat wurde ein sprühgetrocknetes stabilisiertes Vitamin D_3-Konzentrat verwendet. Die Käfigzuteilung erfolgte nach Zufall, jedoch wurden eventuell auftretende Stalleinflüsse (z.B. Haltung oben/unten; Entfernung zur Lichtquelle) berücksichtigt.

4.1.1.5 Methodik der Eischalentrockengewichtsbestimmung

Alle zwei bzw. drei Tage (Wochenende) wurden die Eier, getrennt nach Käfigeinheiten, gesammelt. Nachdem sie mit der Schere aufgeschnitten waren, wurden sie mit destilliertem Wasser von Eiklar und Dotter gereinigt und auf numerierten Petrischalen für 20 Stunden in den Trokkenschrank (104°C) gebracht. Nach einer einstündigen Abkühlung im Exsikkator erfolgte die Gewichtsbestimmung der Eischalen auf der Analysenwaage (10^{-4}g).

Aus dem gesamten Eischalentrockengewicht / Käfigeinheit (3 Tiere) in dem Versuchszeitraum wurde das Eischalentrockengewicht pro Tier und Versuchstag bestimmt. Dabei mußte bei der Bestimmung berücksichtigt werden, wenn eine Käfigeinheit nur noch aus 2 Tieren oder 1 Tier bestand.

4.1.2 Bestimmung der Goldhaferaktivität (Versuch I)

In diesem Versuch sollte die kalzinogene Wirkung des Trisetum flavescens (Goldhafer) auf die Eischalendicke zum Ausdruck kommen.
Das Standardpräparat wurde mit der Vitamin-D_3-armen Basalration derart vermischt, daß Standardrationen mit einem Vitamin D_3-Gehalt von 80, 140 und 200 I.E./kg entstanden.
Entsprechend wurden die Testrationen auf einen Gehalt von 110 und 170 I.E./kg eingestellt.

4.1.2.1 Tiermaterial und Versuchsdurchführung

Das Alter der Tiere betrug zu Versuchsbeginn 18 Wochen. Nach einer 14-tägigen Depletionszeit konnte ein durchschnittliches Eischalentrockengewicht von 67,7 mg ermittelt werden.

Jeweils 8 x 3 Wachtelhennen erhielten im Anschluß daran die Standardrationen mit 80, 140 und 200 I.E. Vitamin-D_3/kg.

Da GROPP (1974) bereits eine Goldhafercharge im biologischen Verfahren an der japanischen Wachtel auf Vitamin D_3-ähnliche Wirkungen hin untersucht hatte, konnte beim Vermischen der Prüfrationen mit Trisetum flavescens davon ausgegangen werden, daß 1 kg Goldhafer die gleiche biologische Aktivität wie ca. 3 000 I.E. Vitamin D_3 besitzt.
So konnten die 2 Prüfrationen mit Konzentrationen von 110 und 170 I.E. "Vitamin-D_3"/kg jeweils 6 x 3 Wachtelhennen angeboten werden.
Die Versuchsdauer betrug 18 Tage. Die Eier, die zwischen dem 5. und 18. Versuchstag anfielen, wurden gesammelt, das Eischalentrockengewicht wurde bestimmt.

Tabelle 4a Ergebnisübersicht (Versuch I): Eischalentrockengewicht/Tier/Tag (Mittel: 5. - 18. Versuchstag) nach Angebot der Standardrationen und der Prüfrationen (Trisetum flavescens: 3 000 I.E. "Vitamin D_3"/kg)

Tierzahl bei Versuchsbeginn: 141
bei Versuchsende: 134

	Standardrationen			Prüfrationen			
	I.E. Vitamin D_3/kg			g Goldhafer			
	80	140	200	17^+	37^+	57^+	77^+
Rationsgruppe	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Tierzahl	8x3	8x3	8x3	6x3	6x3	6x3	6x3
Eischalen-trockengewicht (mg/Tier/Tag)	178	355	638	95	376	626	639
$\pm s_{\bar{x}}$	11,6	10,0	22,4	6,5	44,3	40,4	29,8

+) entspricht nach einer früheren Bestimmung einem "Vitamin D_3-Äquivalent" von etwa 50, 110, 170 bzw. 230 I.E./kg

4.1.2.2 Statistische Ergebnisauswertung
(CAVALLI - SFORZA, 1974)

Eine Anwendung statistischer Methoden bei der Wertbemessung bezweckt folgendes:

a) Das Experiment auf rationellste und wirksamste Weise zu planen,
b) den Titer eines Testpräparates im Vergleich zu einem Standardpräparat zu schätzen,
c) die Gültigkeit einer Wertbemessung (= Zuverlässigkeit des ermittelten Titers) zu kontrollieren,
d) die Genauigkeit des ermittelten Titers abzuschätzen (Berechnung der Vertrauensgrenzen).

An Hand von Versuch I soll nun das allgemeine Verfahren einer Wertbemessung dargelegt werden. Es handelt sich um die Titration der kalzinogenen Wirksamkeit des Trisetum flavescens (Goldhafer) im Vergleich zu einem Vitamin-D_3-Standardpräparat. Die Reaktion wird am Umfang der durchschnittlichen Kalziumausscheidung über die Eischale (mg/Henne/Tag) gemessen (s.Tab.4a und 4b).

Es seien x_{S1}, x_{S2}, ... die verwendeten Dosen des Standardpräparates und x_{T1}, x_{T2}, ... diejenigen des Testpräparates.
Mit Sy werden die Summen der beobachteten Reaktionswerte (tägliche Kalziumausscheidung über die Eischale) bei den einzelnen Dosen bezeichnet und mit n die Anzahl der Beobachtungen, aus denen diese Summen berechnet werden.
Sy und n werden überdies mit einem Index versehen, der die Dosis kennzeichnet.

Tabelle 4b Eischalentrockengewicht /Tier/Tag nach Angebot der Standardrationen und der Goldhafer-Prüfrationen

	Standardrationen			Prüfrationen	
	I.E. Vitamin D_3/kg			- g Goldhafer -	
	80	140	200	37+	57+
Rationsgruppe	S_1	S_2	S_3	T_1	T_2
Eischalentrocken-	236	405	737	493	210
gewicht (mg/Tier/	147	383	758	453	598
Tag) y	88	309	403	363	949
	104	228	654	351	617
	172	404	821	248	750
	358	486	328	347	633
	139	315	763		
		314	638		
Sy	1 244	2 844	5 102	2 255	3 757
n	7	8	8	6	6
$\bar{y}$	177,7	355,5	637,8	375,8	626,2
SSy:	15 202				
Sn :	35				

+) entspricht nach früherer Bestimmung einem "Vitamin D_3-Äquivalent" von 110 bzw. 170 I.E./kg

1. Berechnung von Summen, Quadrat- und Produktsummen

$Sx_S = x_{S1} \cdot n_{S1} + x_{S2} \cdot n_{S2} + s_3 = \underline{3\ 280}$

$Sx_T = x_{T1} \cdot n_{T1} + x_{T2} \cdot n_{T2} = \underline{1\ 680}$

$Sx_S x_S = x^2_{S1} \cdot n_{S1} + x^2_{S2} \cdot n_{S2} + x^2_{S3} \cdot n_{S3} - \frac{(S_{xs})^2}{Sn} = \underline{214\ 217,14}$

$Sx_T x_T = x^2_{T1} \cdot n_{T1} + x^2_{T2} \cdot n_{T2} - \frac{(Sx_T)^2}{Sn} = \underline{165\ 360}$

$Sx_S x_T = - \frac{(Sx_S) \cdot (Sx_T)}{Sn} = \underline{- 157\ 440}$

$Sx_{Sy} = x_{S1} \cdot S_{yS1} + x_{S2} \cdot Sy_{52} + x_{S3} \cdot Sy_{S3} - \frac{(Sx_S) \cdot (SSy)}{Sn} = \underline{93\ 367,9}$

$Sx_T y = x_{T1} \cdot Sy_{T1} + x_{T2} \cdot Sy_{T2} - \frac{(Sx_T) \cdot (SSy)}{Sn} = \underline{157\ 092,8}$

2. Schätzwert des Titers

$$R = \frac{(Sx_S x_S) \cdot (Sx_T y) - (Sx_S x_T) \cdot (Sx_S y)}{(Sx_T x_T) \cdot (Sx_S y) - (Sx_S x_T) \cdot (Sx_T y)} = \underline{1,2036}$$

3. Varianzanalyse

Summe der Abweichungsquadrate

a) "insgesamt" : 1 735 171,9
   bei 34 Freiheitsgraden (Gesamtzahl der Beobachtungen minus eins)

b) "zwischen den Dosen" : 1 082 964,3
   bei 4 Freiheitsgraden (Anzahl der Dosen minus eins)

c) "innerhalb der Dosen" : 652 207,5
   bei 30 Freiheitsgraden (Anzahl der Beobachtungen minus Anzahl der Dosen)

Daraus ergibt sich das Quadrat des Versuchsfehlers:

$$s^2 = \frac{652\ 207,5}{30} = \underline{21\ 740,3}$$

d) "für die Regression" : 1 066 842,3
   bei 2 Freiheitsgraden

e) "von der Regression" : 16 122,0
   bei 2 Freiheitsgraden (b) - d))

$$\frac{s^2.(Sx_Sx_S + 2R.Sx_Sx_T + R^2.Sx_Tx_T)\ (Sx_Sx_S).(Sx_Tx_T)-(Sx_Sx_T)^2}{(Sx_Sy)\ (Sx_Tx_T) - (Sx_Ty)\ .\ (Sx_Sx_T)^2}$$

= 0,010714

Standardfehler des Titers: 0,104

Bei 30 Freiheitsgraden (= Anzahl der Freiheitsgrade für s^2) beträgt t = 2,042 (t = Signifikanzschwellenwerte nach STUDENT) und es ist 2,042 . 0,104 = 0,2114.

Der Schätzwert des Titers lag bei 1,2036;
der wahre Wert liegt bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen 0,9922 und 1,415.

Würde nun der Sollgehalt an "Vitamin D_3" der Goldhaferration mit 3 000 I.E./kg deklariert, so liegt der wahre Wirkstoffgehalt zwischen 2 977 und 4 245 I.E."Vitamin D_3"/kg. Somit beträgt der ermittelte "Vitamin-D_3-Gehalt" 3 611 I.E./kg.

Für die Korrelation zwischen Vitamin D_3 - Konzentration bzw. Vitamin D_3 - Äquivalent und Eischalentrockengewicht / Tier und Tag wurden die Regressionsgeraden berechnet und in Abbildung 4 wiedergegeben.
Standardgerade: y = 3,85 x - 150,05
Testgerade : y = 4,42 x - 120,88

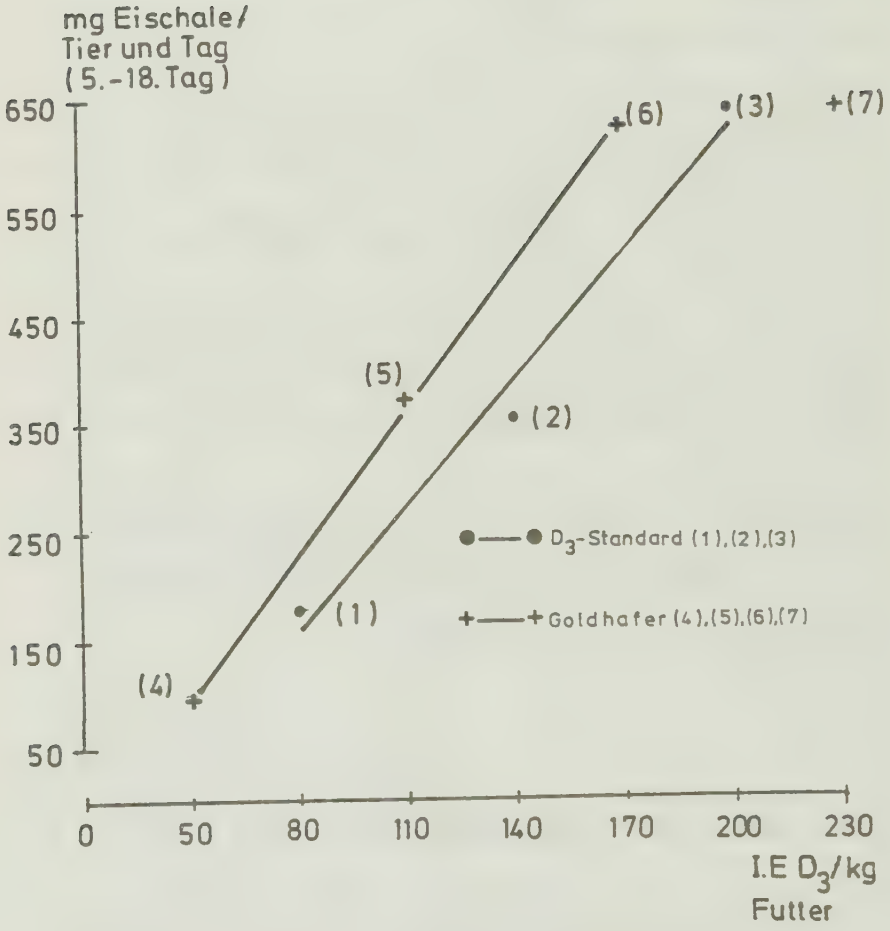


Abb. 4 Eischalentrockengewicht in Abhängigkeit von der Vitamin D_3- Aktivität im Futter (Versuch I)

4.1.3 Bestimmung der Aktivität von Solanum malacoxylon und 1,25 $(OH)_2$ - D_3 (Versuch II)

4.1.3.1 Tiermaterial und Versuchsdurchführung

Die für den Versuch II bestimmten 31 Wochen alten Wachtelhennen wurden 14 Tage depletiert.

Für die Einteilung der Tiere ergab sich ein durchschnittliches Eischalentrockengewicht von 36,3 mg pro Tier und Tag.

Je 6 x 3 Hennen erhielten die Standardrationen mit 80, 140 und 200 I.E.Vitamin D_3/kg Futter.

Die zu untersuchenden Proben wurden so mit der Vitamin D_3-freien Basalration vermischt, daß Prüfrationen mit jeweils 80 I.E., 140 I.E. und 200 I.E. "Vitamin D_3"/kg entstanden.

Beim Mischen wurde davon ausgegangen, daß die Solanumtrockensubstanz eine Vitamin D_3-artige Aktivität von 130 000 I.E./kg (WASSERMAN et al.,1975) und der Vitamin D_3- Metabolit 1,25 - $(OH)_2$ - D_3 eine Aktivität von $4 \cdot 10^4$ I.E. Vitamin D_3/mg besitzt (hierbei wurde die 1.25 - $(OH)_2$ - D_3 Aktivität der Vitamin D_3 Aktivität gleichgesetzt).

Die Versuchsdauer ging über 18 Tage, wovon der 5. - 18. Tag als Meßperiode diente.

Tabelle 5 Ergebnisübersicht (Versuch II): Eischalentrockengewicht /Tier/Tag (Mittel: 5. - 18. Versuchstag) nach Angebot der Standardrationen und der Prüfrationen (Solanum: 130 000 I.E. Vitamin D_3/kg Trockensubstanz $1,25\ (OH)_2$-D_3-Präparat: $4 \cdot 10^{10}$ I.E. Vitamin D_3/kg Trockensubstanz

Tierzahl bei Versuchsbeginn: 150
bei Versuchsende: 144

	Standardrationen I.E. Vitamin D_3/kg			Prüfrationen g Solanum malacoxylon			Prüfrationen µg $1,25\ (OH)_2$-D_3		
	80	140	200	$0,6^+$	$1,1^+$	$1,5^+$	2^{++}	$3,5^{++}$	5^{++}
Rationsgruppe	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Tierzahl	6x3	6x3	6x3	5x3	5x3	5x3	6x3	6x3	6x3
Eischalentrocken-gewicht (mg/Tier/Tag)	70	235	389	197	358	327	194	434	403
$\pm s_{\bar{x}}$	7,9	20,4	23,5	23,9	21,9	61,9	15,2	25,4	21,1

$^+$ und $^{++}$ entsprechen nach früherer Bestimmung einem "Vitamin D_3-Äquivalent" von: 80, 140 und 200 I.E./kg

4.1.3.2 Ergebnisse (s.Tab.5)

Der ermittelte "Vitamin D_3"-Gehalt/kg beträgt für Solanum malacoxylon 168 600 I.E./kg $\pm$ 41 520 und bei 1,25 $(OH)_2$ - D_3: 6,2 . 10^4 I.E./mg $\pm$ 1,8 . 10^4 .

Die Beziehung zwischen Vitamin D_3-Aktivität und Eischalentrockengewicht ist aus Abb.5 zu entnehmen. Für die jeweiligen Regressionsgeraden wurden folgende Werte bestimmt:

Standardgerade : y = 2,67 x - 148,97
Testgerade (Solanum) : y = 2,81 x - 30,65
Testgerade $(1,25(OH)_2-D_3$: y = 3,90 x - 125,85

Die statistische Wertbestimmung war in diesem Versuch für beide Proben erlaubt.

Der errechnete Titer lag für die Solanum malacoxylon-Ration bei 1,41 mit einem Variationskoeffizienten von $\pm$11,9 %, und für die 1,25- $(OH)_2$ - D_3-Ration bei R = 1,55$\pm$ 0,16.

Durch Rechnung ergab sich daraus für Solanum malacoxylon eine Vitamin D_3-Aktivität von 168 600 I.E./kg (der wahre Wert lag zwischen 127 080 und 210 120 I.E.) und für 1,25- $(OH)_2$ - D_3 ein Wert von 6,2 . 10^4 I.E./mg (wahrer Wert zwischen 4,4 . 10^4 und 8,0 . 10^4 I.E.).

Diese Werte wurden bei einer 5%igen Irrtumswahrscheinlichkeit berechnet.

Aus dem Versuch ergibt sich somit, daß die gleiche Menge an 1,25- $(OH)_2$ - D_3 im Wachteltest wirksamer ist als die gleiche Menge Vitamin D_3.

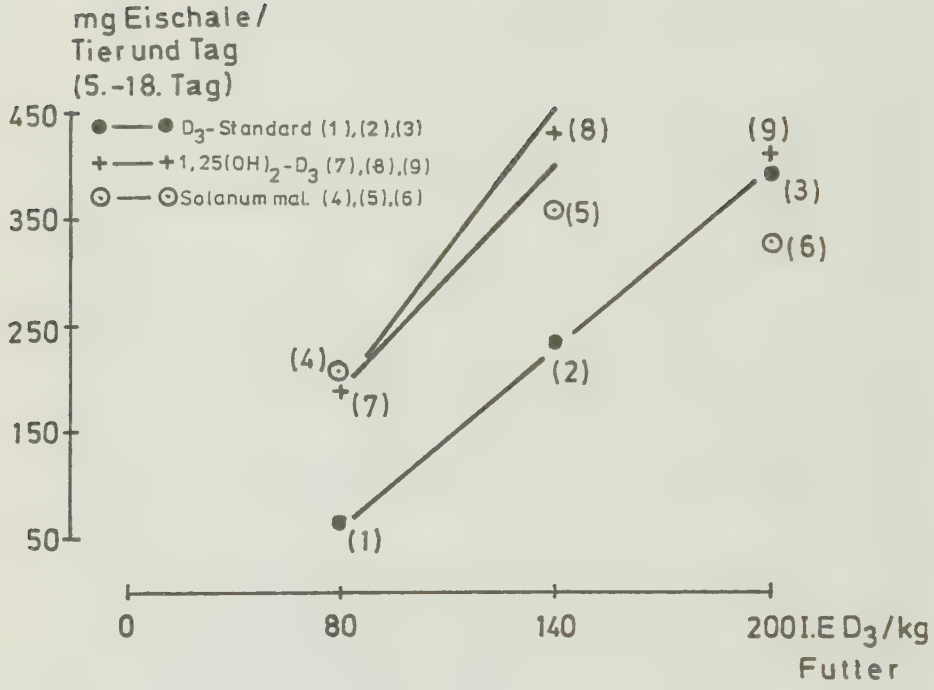


Abb.5 Eischalentrockengewicht in Abhängigkeit von der Vitamin D -Aktivität im Futter (Versuch II)

4.2 Einfluß von Trisetum flavescens bzw. Solanum malacoxylon auf den Prozeß der Eischalenbildung bei weißen Leghornhennen

Die Versuche I und II dienten ausschließlich dazu, die Wirkung des Goldhafers auf die Eischale zu studieren. In die Versuche III und IV wurde dann noch zusätzlich Solanum malacoxylon als Futterzulage aufgenommen.

4.2.1 Methodik

Weiße Leghornhennen erhielten nach einer 10-tägigen Vorperiode ein Vitamin D_3-armes Legehennenalleinfutter (Basalration). Die zu untersuchenden Proben (Vitamin D_3-Präparat (Fa.Roche - 500 000 I.E./g), Goldhafer und Solanum malacoxylon) wurden in verschiedenen Konzentrationen (s.Einzelbeschreibung der Versuche I - IV) mit der Vitamin D_3-armen Basalration vermischt und den Tieren ad libitum angeboten.

4.2.1.1 Tiermaterial

Die Leghornhennen stammten in den vier Versuchen aus jeweils verschiedenen Beständen.
Dabei wurden aber nur solche Tiere ausgewählt, die entweder am Ende der Legeperiode standen oder solche, die aus ungeklärten Gründen durch mangelnde Schalenqualitäten auffielen.

Das Alter der Hennen lag jeweils zu Versuchsbeginn bei etwa 18 Monaten (Aussage der Verkäufer).

4.2.1.2 Haltung der Versuchstiere

Die Tiere wurden in Drei-Etagen-Batterien zu je 9 Einheiten gehalten. Durch schräggestellte Bodengitter konnte ein Abrollen der Eier ohne Beschmutzung und Beschädigen gewährleistet werden.

In Versuch I wurden die Drahtkäfige mit je 2 Leghornhennen besetzt, während in den 3 folgenden Versuchen (II - IV) nur ein Tier pro Käfig gehalten wurde.

Futter und Wasser wurde den Hennen ad libitum angeboten.

Die Tiere erhielten einen 16-stündigen Lichttag (1 Watt Leuchtstoffröhre/m^2) und eine 8-stündige Dunkelphase.

Die relative Luftfeuchtigkeit wurde mit einem Verdampfer auf 65 % gehalten. Der Stall stand unter Zwangsbelüftung (Unterdruck).
Die Käfigverteilung der einzelnen Hennen erfolgte nach Zufall.

4.2.1.3 Vorperiode

Die täglich anfallenden Eier wurden um 10 Uhr eingesammelt, gekennzeichnet und schließlich den jeweiligen Meßmethoden zugeführt.

Nach der 10 Tage dauernden Vorperiode wurden die erhaltenen Meßergebnisse ausgewertet und die Tiere ihren einzelnen Rationsgruppen (Versuchsgruppen) so zugeteilt, daß eventuell auftretende Stalleinflüsse (z.B. Haltung oben/unten, Nähe/Entfernung einer Leuchtstoffröhre) auf alle Gruppen gleichmäßig verteilt waren.

Bei der Rationszuordnung wurde außerdem darauf geachtet, daß die Meßergebnisse der verschiedenen Kriterien (Elastizität, Bruchfestigkeit etc.) zwischen den einzelnen Versuchsgruppen einander gleich waren. Die Verteilung der Rationen innerhalb der Etagen erfolgte nach Los.

Tabelle 6 Vitamin D_3 - arme Basalration und errechnete Nährstoffgehalte (%)

Mais	61,20	Rohprotein	17,6
Sojaschrot (50 % Rohprotein)	23,70	Rohfett	4,4
Haferschalengrieß	5,0	Rohfaser	4,0
Sojaöl	2,0	Ca	2,8
Kalziumkarbonat	5,8	P	0,4
Kalziumhydrogenphosphat	1,75	Asche	10,9
Kochsalz	0,25		
allgemeine Vitaminvormischung[+)]	0,1		
Spurenelemente[++)]	0,1		
DL - Methionin	0,1		
	100,0		

[+)] Gehalte pro kg Futter (Trägersubstanz: Sojafeinmehl)

Vitamin A	5 000 I.E.	Vitamin B_{12}	10 mcg
Vitamin D_3	444 I.E.	Biotin	0,03 mg
Vitamin E	16,7 mg	Folsäure	0,07 mg
Vitamin K_3	0,43 mg	Ca-Pantothenat	6,67 mg
Vitamin B_1	1,67 mg	Nikotinsäure	16,7 mg
Vitamin B_2	2,4 mg	Cholinchlorid	187,0 mg
Vitamin B_6	1,0 mg	Ascorbinsäure	26,7 mg

[++)] Spurenelementvormischung (ppm)

(vgl. Tab. 3, S. 19)

4.2.1.4 Bestimmung der Meßkriterien

Zur Beurteilung der Eischalenqualität wurden direkte und indirekte Meßverfahren herangezogen.

Von den indirekten Methoden werden vor allem folgende Bestimmungsgrößen benutzt:
a) spezifisches Gewicht
b) Deformation der Eischale
Die indirekten Bestimmungsgrößen haben den Vorteil, daß die Prüfeier unversehrt bleiben.
Die am weitesten verbreitete direkte Meßmethode ist die Bruchfestigkeitsmessung.

Zwischen den Werten der direkt gemessenen Bruchfestigkeit und den mit Hilfe indirekter Meßverfahren ermittelten Zahlenwerten bestehen mehr oder weniger enge Beziehungen, so daß es möglich erscheint, die Schalenfestigkeit von Eiern durch Feststellung der Schalendicke, des relativen Schalengewichtes oder der elastischen Verformung abzuschätzen.

1. Elastizität

Das Prüfei wird durch eine konstante Druckkraft von 1 kp (entspricht 9,80665 N) senkrecht zwischen zwei Planflächen belastet. Die lineare elastische Verformung des Eies kann dann in µm (=1/1 000 mm) auf einer Meßskala abgelesen werden (s.Abb.6).

2. Bruchfestigkeit

Bei der direkten Bestimmung der Schalenfestigkeit mit Hilfe eines von RAUCH (1958) modifizierten Bruchfestigkeits-Meßgerätes werden die Prüfeier zwischen zwei Kontaktflächen einem konstant anwachsenden Druck ausgesetzt, und zwar bis zum Bruch der Schale.
Da die wirksame Druckfläche im Zeitpunkt des Zerbrechens der Eischale nicht exakt definiert werden kann, wird nicht die Schalenfestigkeit in kp/cm^3, sondern allgemein die Bruchkraft in kp als Meßzahl angegeben (1 kp entspricht 9,80665 N).

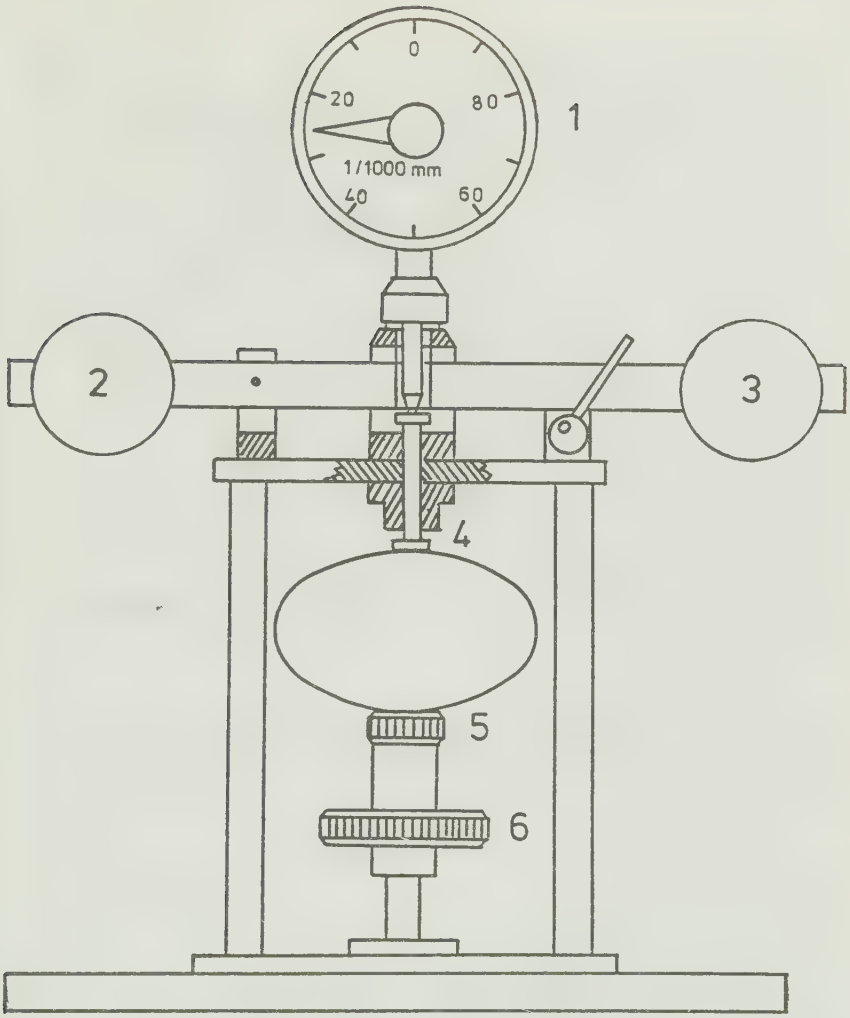


Abb. 6 Elastizitäts-Meßgerät (RAUCH, 1965)

1. Meßuhr 2. Ausgleichsgewicht 3. Gewichtstück
4. Druckstempel 5. Meßtisch 6. Höhentrieb

3. Prozentuales Eischalengewicht

Diese Bestimmungsgröße zählt mit zu den indirekten Meßmethoden und setzt sich aus dem Quotienten von Schalentrockengewicht und Eigewicht zusammen:

$$\text{proz.Eischalengewicht} = \frac{\text{Schalentrockengewicht (g)}}{\text{Eigewicht (g)}} \%$$

Nach dem Einsammeln wurden die Eier sofort gewogen und das Gewicht auf 1/10 Gramm genau bestimmt. Nach den anschließenden Bestimmungen von Elastizität und Bruchfestigkeit wurden sie an einer scharfen Kante am Äquator aufgeschlagen, Eiklar und Dotter mit Aqua dest. ausgespült und die Schalen mit Schalenhaut in den Trockenschrank bei 104°C gestellt. Dort verblieben sie 20 Stunden und wurden dann nach dem Abkühlen für weitere 4 Stunden in einen Exsikkator verbracht. Anschließend erfolgte die Gewichtsbestimmung der trockenen Schale auf der Analysenwaage (Meßgenauigkeit 1/10 mg).

4. Eischalendicke

1940 konnten MUELLER und SCOTT nachweisen, daß sich die Eioberfläche nach folgender Formel bestimmen ließ:

$$S = 4{,}67 \times W^{2/3}$$

S = Oberfläche (cm^2)

W = Frischeigewicht (g)

Nachdem TYLER und GEAKE,(1961) bewiesen haben, daß eine hohe Signifikanz zwischen Schalendicke und Schalentrockengewicht (+Membrangewicht) besteht, kann erstere als Quotient von Schalengewicht und Schalenoberfläche ausgedrückt werden :

$$\text{Schalendicke} = \frac{\text{Schalentrockengewicht}}{\text{Eioberfläche}} \text{ mg/cm}^2$$

Beispiel:
Ein Ei besitzt ein Frischgewicht von 60,8 g, das Eischalentrockengewicht ergibt den Wert 6,2116 g.
Die Eioberfläche beträgt nach der Formel entsprechend:

$S = 4{,}67 \cdot 60{,}8^{2/3} = 72{,}21\ (cm^2)$

Das Ei hat also eine Schalendicke von

$\frac{6211{,}6}{72{,}21}\ mg/cm^2 = 86{,}02\ mg/cm^2$

4.2.2 Trisetum flavescens und Vitamin D_3: Auswirkungen auf Eischalenqualität und Legeleistung (Versuch I)

4.2.2.1 Versuchsdurchführung

Die beiden Prüfgruppen (Vitamin D_3- und Goldhaferration) wurden einer Kontrollgruppe gegenübergestellt; diese wurde mit einer Vitamin D_3-armen Basalration (s.Tab.6,S.35) gefüttert, welche mit 10 % Grünmehl vermischt war (entspricht bei 36 kg Legehennenalleinfutter 3,6 kg Grünmehl).
Die Grundlage zu den beiden anderen Rationen stellte ebenso das Vitamin D_3-arme Basalfutter dar.
Für die Vitamin D_3-Prüfgruppe (Ration (2)) wurden pro kg zusätzlich rund 500 I.E. Vitamin D_3 eingemischt; bei der Goldhaferprüfgruppe (Ration (3)) wurde das Basalfutter mit 10% gemahlenem bzw. lyophilisiertem Goldhafer gemischt (entspricht bei 36 kg Futter 3,6 kg Trisetum).

Spricht man dem Goldhafer eine "Vitamin D_3"-Aktivität von ca.4 000 I.E./kg zu, so besitzt die Ration (3) einen Wirkstoffgehalt von rund 400 I.E. "Vitamin D_3"-Zulage/kg. Demgegenüber steht die Ration (2) mit ca. 500 I.E. Vitamin D_3-Zulage/kg.

Bei einer Vorperiode von 10 Tagen und einer Prüfperiode von 21 Tagen betrug die Gesamtversuchszeit 31 Tage.

Tabelle 7 Ergebnisübersicht (Versuch I): Wirkung einer Goldhafer- bzw. Vitamin D_3-Zulage (500 I.E./kg) im Futter auf die Eischalenqualität, Legeleistung und Futterverzehr

	Kontrollration (1)		Vitamin D_3-Gruppe (Zulage 500 I.E./kg) (2)		Goldhafer-Gruppe (Zulage 10 %) (3)	
	Vor-	Prüf-periode	Vor-	Prüf-periode	Vor-	Prüf-periode
Tierzahl		12 x 2		12 x 2		12 x 2
Elastizität (1/1 000 mm)	78	77	77	75	78	80
$\pm s_{\bar{x}}$	14	11	15	13	18	12
Bruchfestigkeit (kp)	3,00	3,03	2,99	2,05	3,11	2,77
$\pm s_{\bar{x}}$	0,46	0,48	0,60	0,59	0,58	0,57
Schalendicke (mg/cm^2)	70,3	67,6	69,7	70,6	70,3	66,0
$\pm s_{\bar{x}}$	4,2	8,1	5,6	6,1	7,2	8,3
proz. Eischalentrockengewicht (%)	8,06	8,05	8,10	8,17	7,91	7,89
$\pm s_{\bar{x}}$	0,11	0,07	0,72	0,61	0,99	1,01
Legeleistung (%)		43,3		56,7		51,7
Futterverzehr (g / 2 Tiere / Tag)		206,3		196,5		188,6

4.2.2.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse von Versuch I sind in Tabelle 7 zusammengefaßt.

Im Vergleich zur Vorperiode konnte im Hinblick auf die Eischalenqualität, gemessen an den Kriterien Elastizität, Bruchfestigkeit, Schalendicke und prozentualem Eischalengewicht, nur die Testgruppe (2) mit einer Vitamin D_3-Zulage von 500 I.E./kg Futter einen befriedigenden Erfolg verzeichnen.

Während die Schalendicken der Rationen (1) (Kontrollgruppe) und (3) (Trisetum flavenscens) im Vergleich zur Vorperiode um 4 - 6% sanken, konnte bei Ration (2) (Vitamin D_3-Zulage) eine Verbesserung von 2 % ermittelt werden (s.Abb.7).

Ein deutlicher Unterschied bestand zwischen den 3 Gruppen in der Legeleistung. Die Tiere der Ration (2) verzeichneten eine um 31 % und die der Ration (3) eine um 19 % höhere Leistung als die der Kontrollration (1).

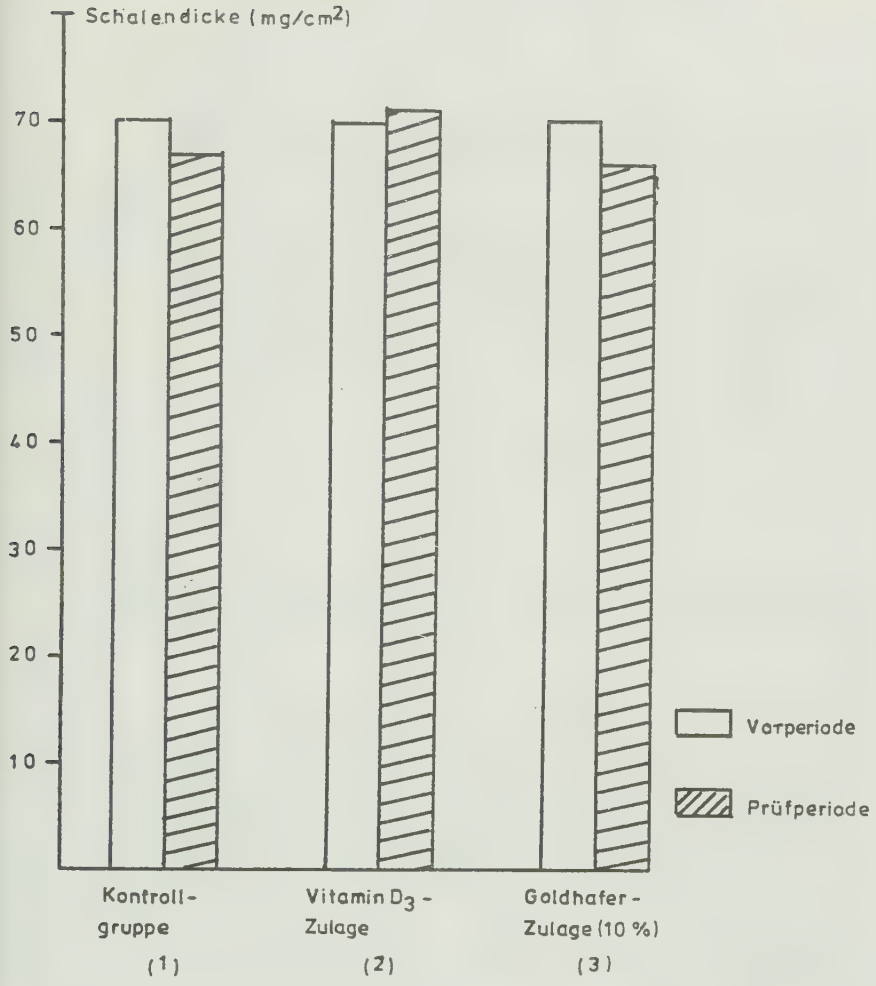


Abb. 7 Vergleich der Eischalendicken in Vor- und Prüfperiode (Versuch I)

4.2.3 Goldhaferextrakt und Vitamin D_3: Wirkungen auf Eischalenqualität und Legeleistung (Versuch II)

In diesem Versuch wurde auf den Diäthylätherextrakt des gemahlenen und lyophilisierten Pflanzenmaterials zurückgegriffen.
RAMBECK et al. (1977) konnten nachweisen, daß dieser Extrakt die gesamte Aktivität des Goldhafers enthielt, während der Rückstand inaktiv war. Somit konnten auch größere Mengen der aktiven Substanzen von Trisetum flavescens mit der Vitamin D_3-armen Basalration vermischt werden.

4.2.3.1 Versuchsdurchführung

Von 80 Leghornhennen wurden die Testkriterien 10 Tage lang bestimmt (Vorperiode). Nachfolgend wurden 36 Tiere für den Hauptversuch in den Käfigen nach bekanntem Muster (3 Rationsgruppen) verteilt.

Da der Goldhafer diesmal in einer Konzentration von 15 % (10 % in Versuch I) im Futter enthalten sein sollte, mußten bei 36 kg Futter 5,4 kg Trisetum extrahiert werden. Die Extraktion des gemahlenen Goldhafers erfolgte mit Diäthyläther. Die erhaltene Menge von 323 ml des Trisetum-Extraktes wurde anschließend mit der Vitamin D_3-armen Basalration vermischt. Diese Ration (3) besaß somit eine zusätzliche "Vitamin D_3"-Aktivität von 600 I.E./kg.

Die Ration (2) erhielt zur Vitamin D_3-armen Basalration eine Vitamin D_3-Zulage von 550 I.E./kg.
Ration (1) als Kontrollgruppe enthielt wie in Versuch I 444 I.E. Vitamin D_3/kg.
Um gleiche Versuchsbedingungen zu schaffen, wurden die Rationen (1) und (2) mit 323 ml Diäthyläther versetzt.

Tabelle 8 Ergebnisübersicht (Versuch II): Wirkung von Goldhaferextrakt bzw. Vitamin D_3 (550 I.E./kg) auf Eischale, Legeleistung und Futterverzehr

	Kontrolle (1)		Vitamin D_3-Zulage (550 I.E./kg) (2)		Goldhaferextrakt (15 %) (3)	
	Vor-	Haupt-periode	Vor-	Haupt-periode	Vor-	Haupt-periode
Tierzahl		12		12		12
Elastizität (μ = 1/1 000 mm)	73	76	76	75	74	67
$\pm s_{\bar{x}}$	14	11	11	16	13	10
Bruchfestigkeit (kp)	2,67	2,50	2,69	2,70	2,67	2,88
$\pm s_{\bar{x}}$	0,71	0,69	0,42	0,51	0,65	0,47
Schalendicke (mg/cm^2)	69,7	68,5	68,5	69,4	69,3	72,6
$\pm s_{\bar{x}}$	7,4	10,6	7,1	8,7	5,0	4,9
proz. Eischalen-trockengewicht (%)	8,13	7,94	8,08	8,06	8,14	8,41
$\pm s_{\bar{x}}$	0,76	1,13	0,77	0,93	0,65	0,57
Legeleistung (%)		62		70		76
Futterverzehr (g / Tier / Tag)		115,4		128,6		127,5

4.2.3.2 Ergebnisse (s.Tab.8)

Die Schalenqualität der Testgruppen (2) (Vit.D_3-Zulage) und (3) (Goldhaferzulage) hob sich in diesem Versuch beachtenswert von der der Kontrollgruppe (1) ab (s.Abb. 8 und 9). Während Bruchfestigkeit und Schalendicke im Vergleich zur Vorperiode um 8 bzw. 5 % zunahmen, ging die Eischalendeformation um 10 % zurück. Somit konnte ein schalenverbessernder Effekt von durchschnittlich 7 % durch Trisetum flavescens erzielt werden. Deutlicher werden die Unterschiede noch im Vergleich mit den Ergebnissen aus Versuch I.
Hervorzuheben ist, daß trotz nahezu gleichen Futterverzehrs pro Tier und Tag die Legeleistung der Rationsgruppe (3) um 9 % höher lag als die der Gruppe (2) und um 23 % höher als die der Kontrollgruppe.

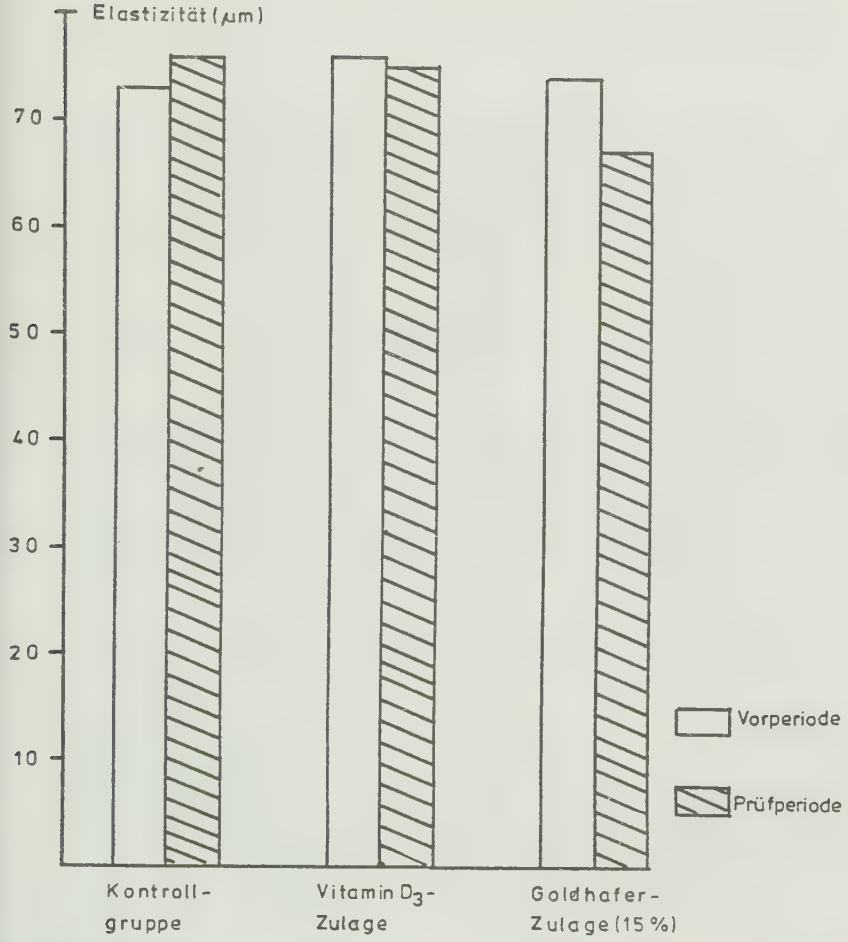


Abb. 8 Vergleich der Eischalendeformation von Vor- u. Prüfperiode (Versuch II)

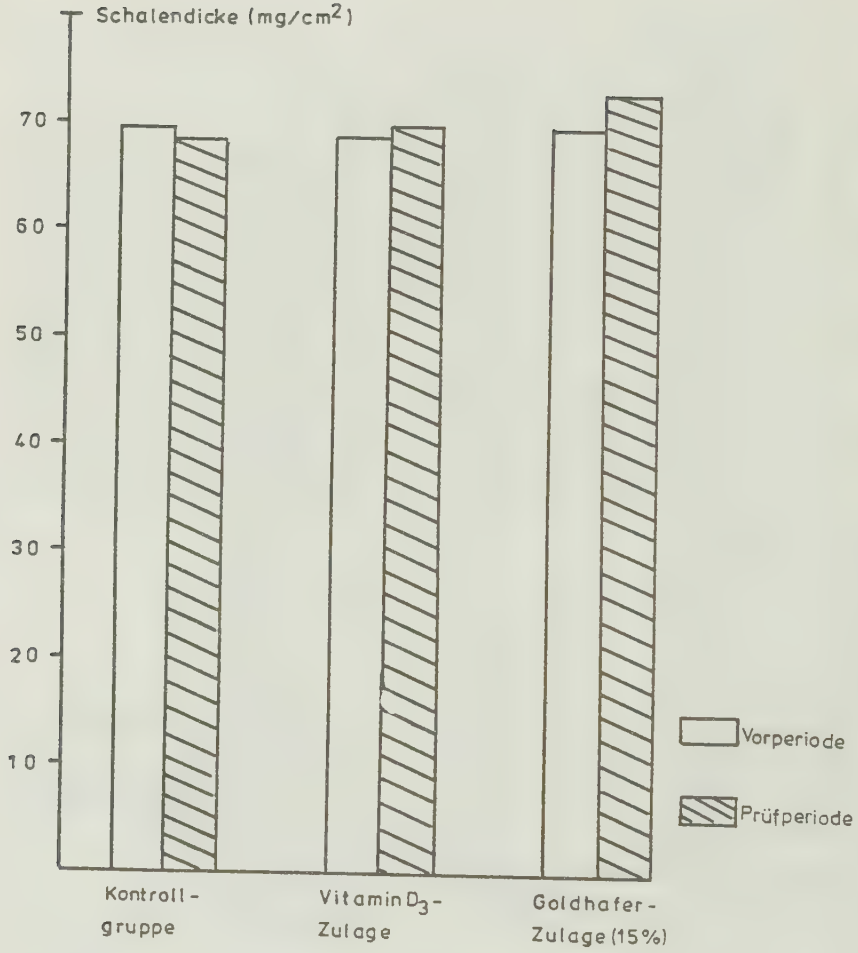


Abb.9 Vergleich der Eischalendicken von Vor-u. Prüfperiode (Versuch II)

4.2.4 Goldhaferextrakt, Vitamin D_3 und Solanum malacoxylon: Wirkungen auf Eischalenqualität und Legeleistung (Versuch III)

Zum bisherigen Versuchsschema wurde zusätzlich eine vierte Prüfgruppe eingeführt. In die Vitamin D_3-arme Basalration wurde die aus Argentinien stammende Pflanze Solanum malacoxylon eingemischt.

4.2.4.1 Versuchsdurchführung

Die Vorperiode (10 Tage) wurde mit 60 Legehennen durchgeführt, wovon 48 Tiere für die Testperiode ausgewählt wurden. Die vier Rationsgruppen waren so zusammengestellt, daß sich die einzelnen Eischalenstabilitätskriterien im großen und ganzen glichen.

Die Vitamin D_3-arme Basalration stellte wie in den vorangegangenen Versuchen das Futter für die Kontrollgruppe dar.

Die Vitamin D_3-Zulage der Ration (2) wurde auf 1 000 I.E./kg angehoben.

Die Goldhaferkonzentration sollte in diesem Versuch 30 % betragen; dies entspricht einer "Vitamin D_3"-Aktivität von 1 200 I.E./kg. Die Trisetum flavescens-Zulage wurde wiederum als Extrakt in das Futter eingemischt.
Solanum malacoxylon lag als Bestandteil der Ration (4) in 0,3%iger Konzentration vor (entspricht 540 I.E. "Vitamin D_3"/kg).

Trotz Zwangsentlüftung konnte die Stalltemperatur nicht konstant gehalten werden und lag im Durchschnitt bei 21° C $\pm$ 2.
Die weitere Versuchsdurchführung erfolgte nach der in Versuch I und Versuch II angewandten Methode.

Tabelle 9a Ergebnisübersicht (Versuch III): Vergleich der Wirkungen von Goldhafer Vitamin D_3 und Solanum malacoxylon auf Elastizität und Bruchfestigkeit der Eischale

	Kontrolle (1)		Vitamin D_3-Zulage (1 000 I.E./kg) (2)		Goldhafer-Zulage (30 %) (3)		Solanum-Zulage (0,3 %) (4)	
	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode
Tierzahl		12		12		12		12
Elastizität (µ = 1/1 000 mm)								
1. - 5. Tag		72		70		76		74
6. - 10. Tag		72		75		70		75
11. - 15. Tag		77		68		70		70
16. - 21. Tag		82		70		74		71
gesamt	71	75	70	73	73	70	75	73
$\pm s_{\bar{x}}$	12	5	12	13	14	10	15	12
Bruchfestigkeit (kp)								
1. - 5. Tag		2,77		2,84		2,88		2,95
6. - 10. Tag		3,01		2,79		3,12		2,94
11. - 15. Tag		2,78		3,21		3,24		3,26
16. - 21. Tag		2,54		2,99		3,00		3,11
gesamt	2,78	2,55	2,86	2,88	2,96	3,00	2,98	3,24
$\pm s_{\bar{x}}$	0,72	0,61	0,58	0,54	0,70	0,69	0,48	0,66

Tabelle 9b Ergebnisübersicht (Versuch III): Vergleich der Wirkungen von Goldhafer, Vitamin D_3 und Solanum malacoxylon auf Schalendicke, proz. Eischalengewicht, Legeleistung und Futterverzehr

	Kontrollgruppe (1)		Vitamin D_3-Zulage (1 000 I.E./kg) (2)		Goldhafer-Zulage (30 %) (3)		Solanum-Zulage (0,3 %) (4)	
	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode
Tierzahl		12		12		12		12
Schalendicke (mg / cm^2)								
1. - 5. Tag		68,7		70,3		70,1		71,2
6. - 10. Tag		70,6		69,9		73,4		71,2
11. - 15. Tag		68,4		72,7		73,4		73,4
16. - 21. Tag		61,9		71,1		71,5		72,0
gesamt	70,4	66,5	70,2	69,8	70,4	70,8	70,4	71,7
$\pm s_{\bar{x}}$	4,2	8,5	5,5	7,5	7,2	8,8	7,2	5,9
proz. Eischalengewicht (%)								
1. - 5. Tag		7,97		8,18		8,07		8,32
6. - 10. Tag		8,13		8,09		8,39		8,37
11. - 15. Tag		7,95		8,34		8,41		8,58
16. - 21. Tag		7,19		8,24		8,22		8,36
gesamt	8,14	7,73	8,16	8,14	8,08	8,24	8,13	8,38
$\pm s_{\bar{x}}$	0,53	0,93	0,67	0,82	0,76	0,30	0,85	0,63
Legeleistung (%)		60		60		63		68
Futterverzehr (g / Tier und Tag)		109,7		112,8		110,6		112,0

4.2.4.2 Ergebnisse

Über die Ergebnisse von Versuch III informieren die Tabellen 9a und 9b.
Eine Vitamin D_3-, Goldhafer- bzw. Solanum malacoxylon-Zulage in den Rationen (2), (3) und (4) konnte nur in den ersten 15 Tagen der Hauptperiode eine Verbesserung der Eischalenqualität herbeiführen. Bei Anstieg der Stalltemperatur auf nahezu 24°C konnten auch diese Wirkstoffzulagen den Qualitätsverlust nicht aufhalten (s.Abb.10).

Trotz ausgeglichener Futteraufnahme von 111 g/Tier/Tag ($\pm$ 1) war die Legeleistung der Trisetumgruppe (Ration (3)) um 5 % und die der Solanumgruppe (Ration (4)) um 13 % höher als die der Gruppen (1) (Kontrolle) und (2) (Vitamin D_3-Zulage).

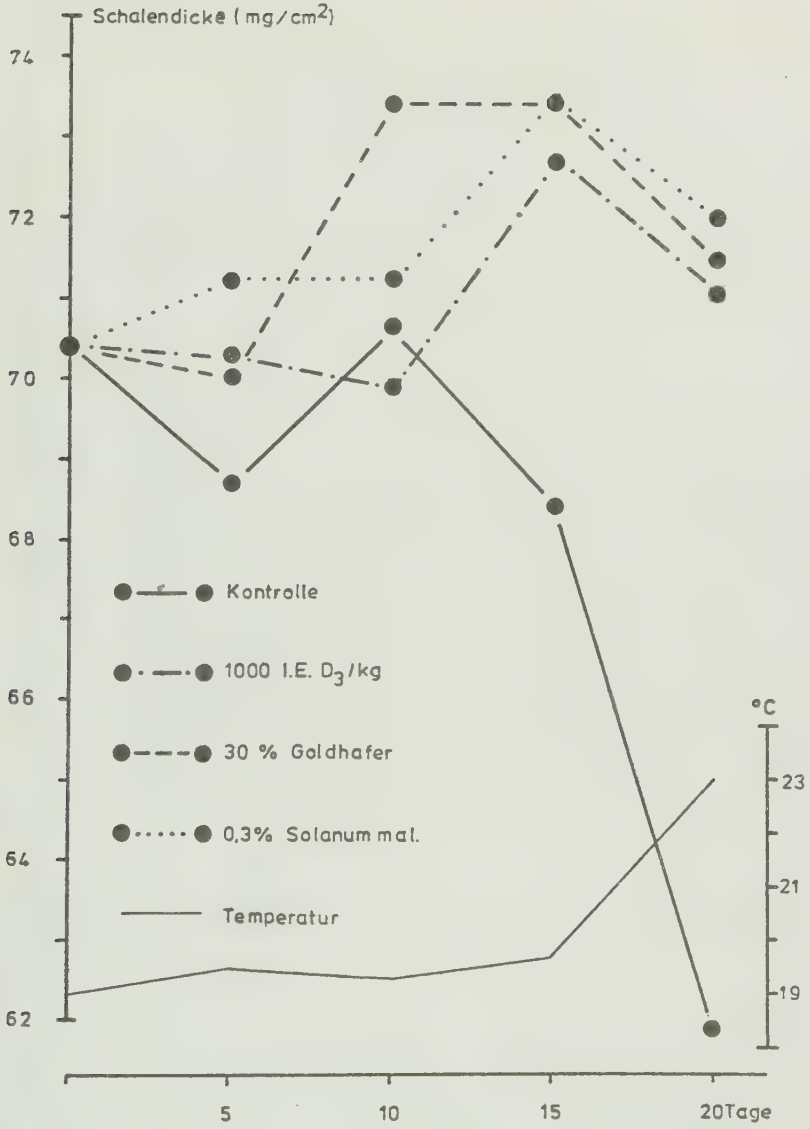


Abb.10 Vergleich der Eischalendicken (Prüfperiode) in Abhängigkeit von der Temperatur (Versuch III)

4.2.5 Goldhaferextrakt, Vitamin D_3, Solanum malacoxylon: Beeinflussung von Eischale und Legeleistung (Versuch IV)

Wie in Versuch II, so wurden auch hier wiederum 4 Testgruppen miteinander verglichen und ihr Einfluß auf Schalenqualität und Legeleistung ermittelt.

4.2.5.1 Versuchsdurchführung

Das Tiermaterial (48 Leghornhennen) und die Versuchsdurchführung unterschieden sich vom vorhergehenden Versuch (Versuch III) in der Futterzusammensetzung der Rationen (2), (3) und (4). Ration (2) enthielt eine Vitamin D_3-Zulage von 550 I.E./kg und Ration (3) wurde mit 15 % Goldhafer vermischt, was einem "Vitamin D_3"-Äquivalent von 600 I.E./kg entsprach. Die Wirkstoffkonzentration der Ration (4) wurde zwar wie in Versuch III beibehalten (0,3 %), jedoch handelte es sich diesmal um eine andere Pflanzencharge (Brasilien).

Tabelle 10a Ergebnisübersicht (Versuch IV): Goldhafer, Vitamin D_3, Solanum malacoxylon und ihre Wirkungen auf Elastizität und Bruchfestigkeit der Eischale

	Kontrollgruppe (1)		Vitamin D_3-Zulage (550 I.E./kg) (2)		Goldhafer-Zulage (15 %) (3)		Solanum-Zulage (0,3 %) (4)	
	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode
Tierzahl		12		12		12		12
Elastizität (μ = 1/1 000 mm)								
1. - 5. Tag		75		70		79		76
6. - 10. Tag		68		67		70		69
11. - 15. Tag		75		78		72		71
gesamt	67	72	67	69	71	75	67	81
$\pm s_{\bar{x}}$	13	15	14	12	10	14	8	26
Bruchfestigkeit (kp)								
1. - 5. Tag		2,80		3,26		2,79		3,02
6. - 10. Tag		2,84		3,33		2,98		3,31
11. - 15. Tag		2,89		3,10		3,13		3,16
gesamt	2,72	2,91	3,28	3,30	2,95	2,90	3,14	3,14
$\pm s_{\bar{x}}$	0,81	0,73	0,78	0,85	0,58	0,65	0,68	0,62

Tabelle 10b Ergebnisübersicht (Versuch IV): Goldhafer, Vitamin D_3, Solanum malacoxylon und ihre Wirkungen auf Eischalendicke, proz. Eischalentrockengewicht, Legeleistung und Futterverzehr

	Kontrollgruppe (1)		Vitamin D_3-Zulage (550 I.E./kg) (2)		Goldhafer-Zulage (15 %) (3)		Solanum-Zulage (0,3 %) (4)	
	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode	Vor-	Hauptperiode
Tierzahl		12		12		12		12
Schalendicke (mg / cm^2)								
1. - 5. Tag		71,5		71,8		69,2		67,8
6. - 10. Tag		73,3		74,6		73,5		73,3
11. - 15. Tag		69,4		71,6		74,6		71,8
gesamt	74,2	71,6	74,2	74,2	74,2	71,2	74,2	69,4
$\pm s_{\bar{x}}$	7,1	7,7	8,9	7,8	6,1	7,9	8,0	9,6
proz. Eischalengewicht (%)								
1. - 5. Tag		8,20		8,27		7,96		7,80
6. - 10. Tag		8,36		8,62		8,39		8,44
11. - 15. Tag		7,94		8,27		8,47		8,27
gesamt	8,57	8,18	8,58	8,54	8,46	8,13	8,39	7,97
$\pm s_{\bar{x}}$	0,89	0,90	0,95	0,88	0,61	0,83	0,86	1.04
Legeleistung (%)		47,4		48,7		54,4		52,2
Futterverzehr (g / Tier und Tag)		107,6	10	105,1		106,7		103,2

4.2.5.2 Ergebnisse

Die Tabellen 10a und 10b geben eine Übersicht der Ergebnisse des Versuchs IV wieder.

Ein ungünstiges Stallklima(Temperaturen bis 32°C) beeinflußte auch hier die Ergebnisse (s.Abb.11). Dabei war bemerkenswert, ähnlich wie in Versuch III, daß die Eischalendicken aller vier Gruppen proportional zu den Temperaturschwankungen ab-bzw. zunahmen.

Der durchschnittliche Futterverzehr von 105,7 g/Tier/Tag ($\pm$ 1,9) lag auf Grund der hohen Temperaturen etwas unter der Norm von 120 g/Tier/Tag. Zwischen den einzelnen Prüfgruppen lagen wieder Leistungsunterschiede vor.

Während die Ration (2) mit 550 I.E./kg Vitamin D_3-Zulage eine um 3 % höhere Legeleistung hatte, konnten die Rationen (3) und (4) mit der 15 %igen Goldhafer- bzw. 0,3 %igen Solanum-Zulage eine um 15 und 10 % höhere Leistung erzielen als die Kontrollgruppe (1).

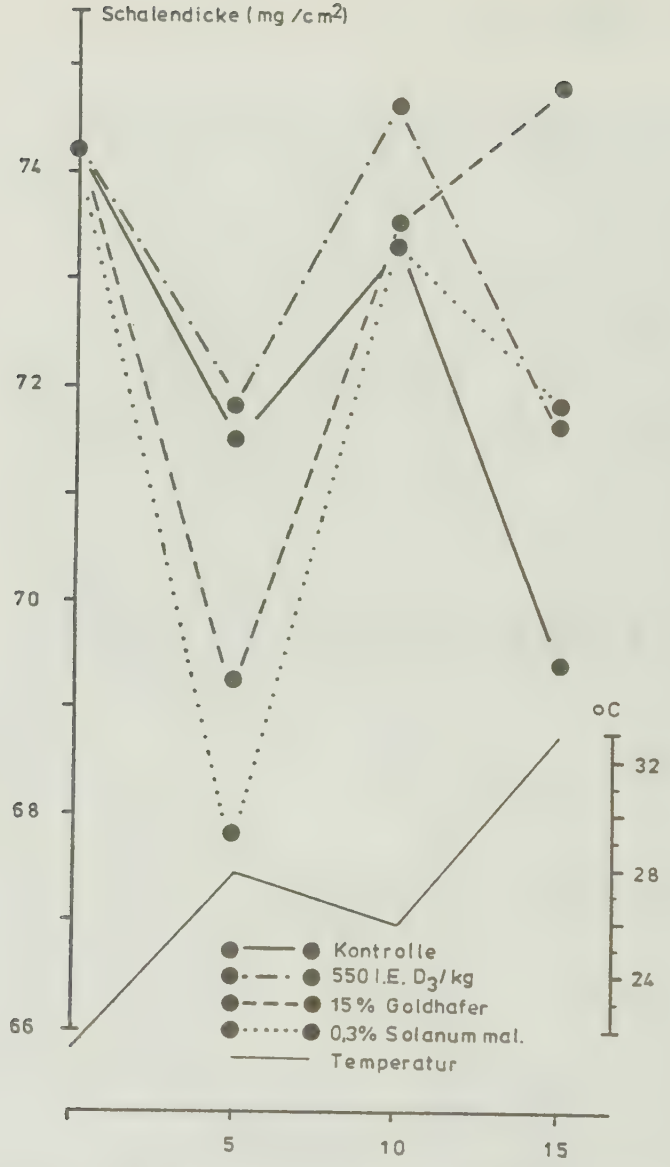


Abb.11 Vergleich der Eischalendicken (Prüfperiode) in Abhängigkeit von der Temperatur (Versuch IV)

4.3 Der Einfluß von Solanum malacoxylon auf Eischale und Legeleistung junger Wachteln unter Berücksichtigung möglicher innerer Verkalkungen bzw. Intoxikationserscheinungen

Die Wirkung wurde in zwei Versuchen an 6 Wochen alten Legewachteln geprüft.

Die beiden Versuche unterschieden sich dadurch, daß in Versuch 1 sowohl Wachtelhähne als auch Wachtelhennen herangezogen wurden.

Außerdem war die Wirkstoffkonzentration von Solanum malacoxylon im zweiten Versuch doppelt so hoch (0,6 %) wie in Versuch 1 (0,3 %), und es wurden zudem jeweils verschiedene Pflanzen-Chargen eingesetzt (s.Tab.2,S.16).

4.3.1 Tiermaterial und Versuchsdurchführung (Versuch 1)

Es wurden 2 Gruppen zu je 20 Tieren gebildet und in Wachtellaufkäfigen untergebracht. Futter und Wasser standen den Wachteln ad libitum zur Verfügung.

Während die Kontrollgruppe mit Wachtelaufzuchtfutter (s.Tab.11) ernährt wurde, bekam die Prüfgruppe (2) Wachtelaufzuchtfutter, in das 0,3 % pulverisiertes Solanum-Material (Argentinien) eingemischt wurde.

Die beiden Gruppen setzten sich aus je 10 weiblichen und 10 männlichen Tieren zusammen.

Die Versuchsdauer betrug 32 Tage. Als Meßkriterien wurden Legeleistung, Eischalentrockengewicht (mg/Tier/Tag) und Mortalität herangezogen.

Tabelle 11 Wachtelaufzuchtfutter und errechnete Nährstoffgehalte (%)

Mais	36,1	Rohprotein	27,4
Sojaschrot (44 % Rohprotein)	55,0	Rohfett	6,5
		Rohfaser	4,9
Sojaöl	5,0	Ca	1,0
Kalziumkarbonat	1,0	P	0,5
Kalziumhydrogenphosphat	2,0	Asche	7,5
Kochsalz	0,3		
allgemeine Vitaminvormischung[+)]	0,2		
Spurenelemente[++)]	0,1		
DL - Methionin	0,3		
	100,0		

[+)] Gehalte pro kg Futter (Trägersubstanz: Sojafeinmehl)

Vitamin A	10 000 I.E.	Vitamin B_{12}	20 mcg
Vitamin D_3	888 I.E.	Biotin	0,07 mg
Vitamin E	33,3 mg	Folsäure	0,13 mg
Vitamin K_3	0,87 mg	Ca-Pantothenat	13,3 mg
Vitamin B_1	3,3 mg	Nikotinsäure	33,3 mg
Vitamin B_2	4,8 mg	Cholinchlorid	373,0 mg
Vitamin B_6	2,0 mg	Ascorbinsäure	53,3 mg

[++)] Spurenelementvormischung (ppm)

(vgl. Tab. 3, S. 19)

Tabelle 12 Ergebnisübersicht (Versuch 1): Auswirkungen einer 0,3 %igen Solanum malacoxylon - Futterzulage auf Eischalentrockengewicht, Legeleistung und Mortalität über 32 Tage Versuchsdauer

	Kontrollgruppe (1)	Solanumgruppe (0,3 % Zulage) (2)
Tierzahl	20 (10 ♀)	20 (10 ♀)
Durchschnittliches Eischalentrockengewicht (mg/Tier/Tag)	109,6	159,2
Legeleistung (%)	16	22
Eiablage in 32 Prüftagen (Anzahl)	50	69
Schalenproduktion gesamt (g)	35,1 ± 1,9	51,0 ± 2,9
Mortalität (%)	0	0

4.3.2 Ergebnisse und histologisch-pathologischer Untersuchungsbefund (Versuch 1)

Die Ergebnisse sind der Tabelle 12 zu entnehmen.
Das Eischalentrockengewicht war bei der Solanumgruppe im Durchschnitt um 49,6 mg pro Ei größer als bei der Kontrollgruppe.
Besonders auffallend sind jedoch Legeleistung, Eiablage und die Gesamtschalenproduktion, die ebenso zugunsten der Solanumgruppe ausfielen.

Die Legeleistung der Rationsgruppe (2) lag um 38 % höher als die der Kontrollgruppe, ebenso die gesamte Schalenproduktion: sie war um 45,4 % höher als die der Gruppe (1).

Nach dem Versuchsende wurden alle Tiere getötet und einer Obduktion unterzogen. Die Untersuchung der 40 Wachteln erfolgte speziell unter dem Aspekt möglicher Verkalkungen in den Organen Herz, Aorta, Lunge und Niere. Dazu wurde zusätzlich zu einer HE-Färbung eine Kalziumdarstellung nach KOSSA durchgeführt.

Die Untersuchung des Skeletts ergab bei allen Tieren beider Gruppen weder im Aussehen noch im Mineralisationsgrad auffällige Befunde; das gleiche gilt auch für die oben aufgeführten Organe der Kontrollgruppe. Bei 4 Tieren der Solanumgruppe zeigte der pathologisch-anatomische Befund vereinzelt bis zu stecknadelkopfgroße Aufrauhungen des Gefäßendothels im Bereich des Aortenbogens, welche sich histologisch als geringgradige Auflockerung der Mediaschicht mit diffuser Einstreuung kleiner Lymphozyten darstellten (persönliche Mitteilung von Dr.R.HOFFMANN, Grub, vom 13.5.1978).

4.3.3 Tiermaterial und Versuchsdurchführung (Versuch 2)

Die beiden Versuchsgruppen bestanden in Versuch 2 aus je 25 jungen Wachtelhennen. Die Kontrollgruppe (1) erhielt das in Versuch 1 (s.Tab.11, S.60) beschriebene Wachtelaufzuchtfutter, dem für die Gruppe (2) zusätzlich noch 0,6 % Solanum malacoxylon (Brasilien) beigemengt wurde.

Die Versuchsdauer betrug 20 Tage.

Versuchskriterien waren Eischalentrockengewicht, Legeleistung und Mortalität.

Tabelle 13 Ergebnisübersicht (Versuch 2): Auswirkungen einer 0,6 %igen Solanum malacoxylon - Futterzulage auf Legeleistung, Eischalentrockengewicht und Mortalität über 20 Tage Versuchsdauer

	Kontrollgruppe (1)	Solanumgruppe (0,6 % Zulage) (2)
Tierzahl	25	24+
Eischalentrockengewicht (mg/Tier/Tag)		
1. - 5. Tag	160,6	158,9
6. - 10. Tag	156,9	126,7
11. - 15. Tag	85,4	149,4
16. - 20. Tag	95,7	205,5
gesamt	124,7	160,1
$\pm s_{\bar{x}}$	39,6	33,1
Eiablage in 20 Prüftagen (Anzahl)		
1. - 5. Tag	28	25
6. - 10. Tag	22	16
11. - 15. Tag	18	28
15. - 20. Tag	12	23
gesamt	80	92
Schalenproduktion		
gesamt (g)	58,8	72,4
$\pm s_{\bar{x}}$	2,6	3,8
Legeleistung (%)		
1. - 5. Tag	22	20
6. - 10. Tag	18	13
11. - 15. Tag	14	22
16. - 20. Tag	10	18
gesamt	16	19
$\pm s_{\bar{x}}$	5	4
Mortalität (%)	0	0

+ Ein Tier verendete bereits am 1. Versuchstag

4.3.4 Ergebnisse (Versuch 2)

Das Eischalentrockengewicht war in Versuch 2 bei der Solanumgruppe um 52,3 mg größer als bei der Kontrollgruppe.
Die Legeleistung, berechnet über 20 Versuchstage, war bei der Prüfgruppe (2) um 20 % besser.

Aufschlußreicher ist das Ergebnis jedoch, wenn man die Legeleistung beider Gruppen in den ersten 10 Tagen mit der Leistung der zweiten 10 Tage der Versuchsperiode vergleicht (s. Abb.12).

Während die Legeleistung der Kontrollgruppe in den ersten 10 Tagen um 25 % besser war als die der Solanumgruppe, konnte letztere in den restlichen 10 Versuchstagen die Leistung im Vergleich zur Kontrollgruppe um 67 % verbessern.

Der pathologisch-anatomische Untersuchungsbefund (persönliche Mitteilung von Dr.R.HOFFMANN, Grub, vom 30.10. 1978) ähnelte im großen und ganzen dem des 1. Versuches:

Das Skelett war ohne Deformation, die Mineralisation unauffällig. Während die inneren Organe der Kontrolltiere keine besonderen pathologischen Befunde aufwiesen, wurden bei fast allen Tieren der Solanumgruppe Aufrauhungen im Bereich des Aortenbogens, der Lungenarterien und der Nierentubuli festgestellt, die sich bei einer histologischen Betrachtung als Kalziumablagerungen darstellten.

Es traten wie in Versuch 1 keine Intoxikationserscheinungen auf.

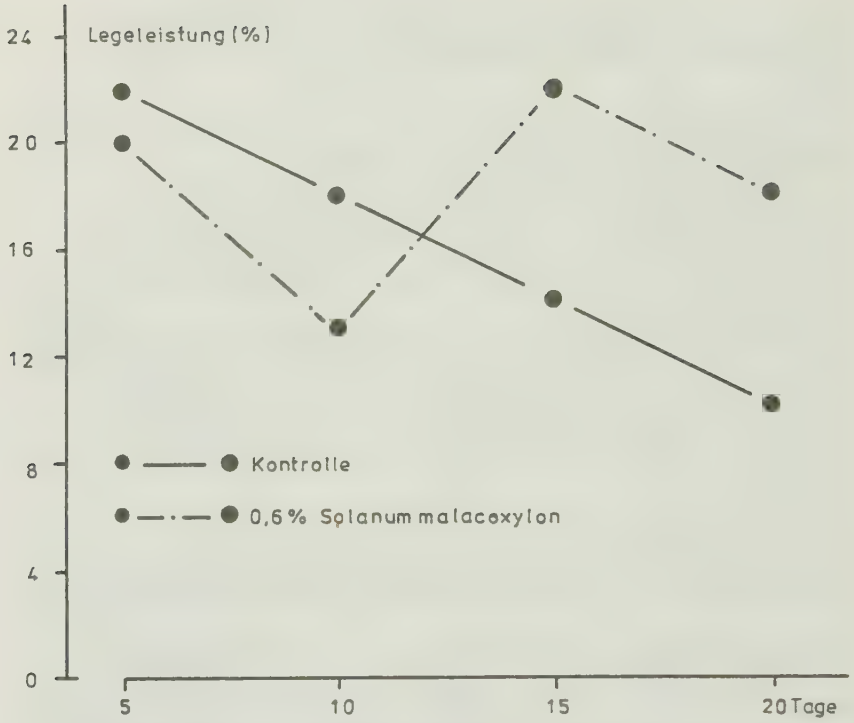


Abb.12 Beeinflussung der Legeleistung bei 0,6% Solanum-Zulage im Futter

5 DISKUSSION

5.1 Konzentrationsbestimmung der Vitamin D_3-artig wirkenden Substanzen in Trisetum flavescens und Solanum malacoxylon

In zwei Versuchen sollte in dem von ZUCKER und GROPP (1968) entwickelten biologischen Test mit japanischen Wachteln der Wirkstoffgehalt von Goldhafer und Solanum malacoxylon in Korrelation zu bekannten Vitamin D_3-Mengen gesetzt werden.
Die durchschnittliche Kalziumausscheidung über die Eischale (mg/Tier/Tag) ergab Werte, die dem Trisetum eine Vitamin D_3-Äquivalenz von ca. 4 000 I.E./kg zuschrieben und dem Solanum von etwa 169 000 I.E./kg.

Diese Ergebnisse standen in gewisser Übereinstimmung mit denen von GROPP (1974) und WASSERMAN et al.(1975)
(GROPP: 3 000 I.E./kg Trisetum
WASSERMAN: 130 000 I.E./kg Solanum).
Die geringfügigen Abweichungen könnten in den unterschiedlichen Standorten, dem Alter und der Art der Vorbehandlung bzw. Konservierung des Pflanzenmaterials begründet sein.
Die erhaltenen Werte gaben einen Anhaltspunkt, in welchen Konzentrationen Goldhafer und Solanum malacoxylon in die Hühnereischalenversuche eingesetzt werden mußten.

5.2 Einfluß von Vitamin D_3, Goldhafer und Solanum malacoxylon auf die Eischalenqualität von Leghornhennen

In Versuch I blieb eine positive Beeinflussung der Eischalenqualität durch die 10 %ige Trisetum-Zulage aus.

Im Vergleich zur Vorperiode nahmen die Eischalendicke um 6 %, die Bruchfestigkeit der Schale um 12 % ab, die Elastizität erhöhte sich um 8 %.
Lediglich die Tiergruppe, die 500 I.E. D_3/kg als Zulage über das Futter erhielt, konnte ihre Schalenqualitätsmerkmale im Vergleich zur Vorperiode um 1 - 3 % steigern.

Für das negative Resultat der Goldhafergruppe muß als Ursache angenommen werden, daß Trisetum flavescens entweder keinen Effekt auf den Kalzifizierungsprozeß der Eischale ausübt, oder daß die Pflanzencharge in zu geringer Konzentration (10 %) verfüttert wurde.

In Versuch II wurde daher die Trisetum-Zulage auf 15 % erhöht; entsprechend wurde der Vitamin D_3-Gehalt der Versuchsgruppe (2) angehoben.

Nach den 21 Versuchstagen der Hauptperiode konnte bei der Trisetum-Gruppe im Vergleich zur Vorperiode eine deutliche Schalenverbesserung beobachtet werden.

Die Bruchfestigkeit der Eischale nahm um 8 % zu und war damit um 15 % höher als die der Kontrollgruppe.

Auch über die Schalendeformation wurde der stabilisierende Effekt von Goldhafer sichtbar. Die Elastizität nahm in der Prüfperiode um 10 % im Vergleich zur Vorperiode ab und war um 13 % niedriger als die der Kontrollgruppe.
Der engen Korrelation von Elastizität bzw. Bruchfestigkeit zur Schalenstabilität entsprach die Zunahme der Schalendicke um 5 %; dies waren 6 % mehr als in der Kontrollgruppe.
Eine Futterzulage von 550 I.E. Vitamin D_3/kg beeinflußte die Schalenqualität kaum. Die Ergebnisse waren fast identisch mit denen aus Versuch I.

Um die schalenverbessernde Wirkung möglicherweise noch zu steigern, wurde in Versuch III die Goldhaferkonzentration auf 30 % erhöht.

Eine vierte Prüfgruppe, die eine 0,3 %ige Solanum malacoxylon-Zulage erhielt, sollte den von MORRIS (1977) beobachteten schalenverbessernden Effekt überprüfen. Ein weiterer Versuch (Versuch IV), bei dem wieder auf eine 15 %ige Goldhafer-Zulage zurückgegriffen wurde, glich in Versuchsdurchführung und Versuchstechnik dem Versuch III. Deshalb mag eine gemeinsame Betrachtung der Ergebnisse erlaubt sein.
Eine Schalenverbesserung konnte weder in Versuch III noch in Versuch IV erzielt werden, so daß auch die von MORRIS (1977) beobachtete Wirkung in den vorliegenden Untersuchungen unter unseren Versuchsbedingungen nicht bestätigt werden kann.

Beide Versuche wurden während der Sommermonate durchgeführt. Die extremen Umgebungstemperaturen (bis 32°C) könnten Anlaß für die beobachtete Ineffektivität der kalzinogenen Pflanzen Trisetum und Solanum auf den Kalzifizierungsprozeß der Eischale gewesen sein. Besonders deutlich wurde diese Beziehung in Versuch IV, in dem ein zweimaliger Temperaturumschwung bei allen vier Gruppen mit einer nachlassenden Schalenqualität verbunden war.

Bei einigen Tieren aus der Solanum- und Trisetum-Gruppe war nach einigen Tagen ein plötzlicher Abfall der Legeleistung zu bemerken; möglicherweise könnte es sich dabei um das in Kapitel 3.5 beschriebene Leistungsabfall-Syndrom gehandelt haben.
Das zusätzliche Auftreten dieses Syndroms würde dann dazu geführt haben, daß der anfangs beobachtete schalenverbessernde Effekt in den übrigen Prüftagen aufgehoben wurde. Daher ergab das Gesamtbild nur eine unwesentliche Verbesserung der Schalenqualitätsmerkmale, in Versuch IV sogar eine Verschlechterung, im Vergleich mit den Werten der Ausgangslage (Vorperiode).

In allen vier Versuchen konnten bei den verschiedenen Gruppen Legeleistungsunterschiede festgestellt werden. Bei allen Vitamin D_3-Gruppen wurde im Durchschnitt

11 %, bei allen Trisetum-Gruppen 15 % und den Solanum-Gruppen 13 % mehr Legeleistung im Vergleich zu den Kontrollgruppen erbracht.

Inwieweit es sich bei dem Ergebnis von Versuch II um ein Zufallsresultat handelt, oder ob die beiden kalzinogenen Pflanzen tatsächlich keinen schalenverbessernden Effekt besitzen, müßte in weiteren Versuchen abgeklärt werden.

Vorteilhaft hierfür wäre ein homogeneres Tiermaterial, dessen Vorgeschichte (Alter, Haltung etc.) besser bekannt sein sollte. Dies könnte zeigen, ob in den Trisetum- und Solanum-Gruppen nicht nur die Gesamtkalziumausscheidung über das Ei ansteigt, sondern tatsächlich auch die Eischalendicke zunimmt.
Dann könnte auch zu der von BAR et al.(1978) aufgestellten These Stellung genommen werden, daß die Vitamin D_3-Metaboliten (natürliche und künstliche) keinen Einfluß auf das uterine CaBP besitzen und somit am Kalzifizierungsprozeß der Eischale nicht beteiligt sind.

5.3 Die Wirkung von Solanum malacoxylon auf junge Wachteln im Hinblick auf mögliche Verkalkungen innerer Organe und auf die Kalziumausscheidung über das Ei

Um mögliche Intoxikationserscheinungen beim Verfüttern einer 0,3 %igen Solanum-Zulage zu untersuchen, wurden knapp 6 Wochen alte Wachteln als Versuchstiere herangezogen. Da sich die Tiere noch nicht im Legealter befanden, stellte ein Wachtelaufzuchtfutter mit nur 1 % Kalzium und 900 I.E. Vitamin D_3/kg die Basaldiät dar.
Nach einer Woche Versuchsdauer begannen die Wachteln zu legen, und es fiel die unterschiedliche durchschnittliche Kalziumausscheidung über das Ei zwischen den

beiden Gruppen auf. Aus diesem Grund wurden die Tiere auch nicht auf Legewachtelfutter umgestellt, welches 300 I.E. Vitamin D_3/kg und 2,2 - 2,5 % Kalzium enthält (HOFMANN, 1971; PEH, 1969).

Die Kontrollgruppen in beiden Versuchen beantworteten das Defizit an Kalzium mit einem verzögerten Einsetzen ihrer Legetätigkeit. Die deutlich bessere Legeleistung der Prüfgruppen müßte daher auf die physiologische Wirkung des 1,25 $(OH)_2$-D_3 zurückzuführen sein.
Der japanischen Wachtel gelingt es offenbar, das geringe Angebot an Futterkalzium durch den Zusatz von Solanum besser zu verwerten, und es für die Eischalenkalzifizierung zu nutzen.
Das durchschnittliche Eischalentrockengewicht pro Tier und Tag lag bei der Prüfgruppe in Versuch 1 (0,3%) um 50 mg /Tier/Tag höher als das der Kontrollgruppe. In Versuch 2 (0,6%) konnte die Solanumgruppe ein um 35,4 mg höheres Schalentrockengewicht/Tier/Tag erreichen.
Die verschiedene Effektivität der beiden Solanumchargen im Hinblick auf die Kalziumausscheidung lag vermutlich am unterschiedlichen Alter des Pflanzenmaterials (Versuch 1: Argentinien 1977; Versuch 2: Brasilien 1974).

Obwohl die Kalziumzufuhr limitiert war und die Solanum-Gruppe schon mehr Kalzium über die Eischale abgab als die Kontrollgruppe, kam es, wie der pathologisch-anatomische Befund zeigte, zusätzlich noch zu gewissen Verkalkungen, bevorzugt in Aorta, Lungenknorpel und Niere (vergleichbar den durch Solanum malacoxylon verursachten Kalzinosen bei Rind, Schaf und Kaninchen).

Sollte es sich daher bestätigen, daß die Verfütterung von Solanum malacoxylon einen positiven Effekt auf die Eischalenqualität besitzt, muß mit eventuellen Verkalkungen bei der Legehenne gerechnet werden.

6 ZUSAMMENFASSUNG

An Vitamin D_3- depletierten Wachteln ließ sich eine dem Vitamin D_3 analoge Wirkung in Trisetum flavescens (Goldhafer) und Solanum malacoxylon nachweisen.
Die im verwendeten lyophilisierten Goldhafer enthaltene Wirkstoffmenge entsprach rund 4 000 I.E. Vitamin D_3/kg Trockensubstanz, die in Solanum malacoxylon enthaltene Wirkstoffmenge etwa 170 000 I.E./kg Trockensubstanz.

An insgesamt 180 etwa 18 Monate alten Weißen Leghornhennen wurde die Wirkung dieser beiden kalzinogenen Pflanzen auf die Eischalenqualität untersucht. Bestimmt wurden Schalendicke, Elastizität, Bruchfestigkeit und prozentuales Eischalentrockengewicht.

Nur in einem von insgesamt vier Versuchen konnte Goldhafer als 15%ige Futterzulage einen auffälligen schalenverbessernden Effekt zeigen.
Solanum malacoxylon konnte diese Wirkung auf die Schalenstabilität nicht erbringen.

Als Ursache für die unterschiedlichen Versuchsergebnisse könnten die starken Schwankungen der Umgebungstemperaturen während der letzten Versuche angesehen werden.

Eindeutig wurde durch Goldhafer- bzw. Solanum malacoxylon - Futterzulagen eine Verbesserung der Legeleistung in allen vier Versuchen erzielt.

Weiterhin konnte gezeigt werden, daß junge Legewachteln bei einem futterbedingten Kalziumdefizit eine bessere Kalziumausnutzung besitzen, wenn die Futterration eine 0,3 bzw. 0,6%ige Solanum-Zulage enthält; jedoch ist bereits bei diesen Solanumkonzentrationen mit gewissen Verkalkungen, insbesondere in der Aorta zu rechnen.

7 SUMMARY

Influence of Trisetum flavescens and Solanum malacoxylon on Egg Shell Quality

In quails depleted of vitamin D_3 Trisetum flavescens (yellow oat-grass) and Solanum malacoxylon were shown to have an effect analogous to that of vitamin D_3. The quantity of active principle in the lyophilised Trisetum flavescens corresponded to about 4 000 I.U. vitamin D_3/kg dry material, the quantity of active principle in Solanum malacoxylon corresponded to approximately 170 000 I.U./kg dry material.

The effect of these two calcinogenic plants on egg shell quality was examined in a total of 180 approximately 18-month-old White Leghorn hens. Shell thickness, elasticity, breaking strength and percentage egg shell dry weight were determined.

In only one of a total of four experiments could yellow oat-grass show a noticeable shell-improving effect.
Solanum malacoxylon could not produce this effect on the egg shell stability.

The sharp fluctuations in ambient temperatures during the last experiments could be considered as reason for the differing results.

Improved laying performance as a result of yellow oat-grass or Solanum malacoxylon feed supplement was clearly proven in all four tests.

It could further be shown that young laying quails with a calcium deficit attributable to low calcium concentration in the feed can better utilize calcium when the feed ration contains a 0.3 or 0.6% Solanum supplement. Even at this concentration of Solanum, however, a certain degree of calcification, especially in the aorta, must be reckoned with.

8 LITERATUR

AVIOLI, L.V. (1969)

Absorption and Metabolism of Vitamin D_3 in Man

Am.J. Clin. Nutr., 22, 437 - 446

BAR, A.; HURWITZ, S. (1972)

Relationship of duodenal calcium - binding protein to calcium absorption in the laying fowl

Comp. Biochem. Physiol., 41 B, 735 - 744

BAR, A.; COHEN, A.; EISNER, U.; RISENFELD, G.; HURWITZ, S. (1978)

Differential Response of Calcium Transport Systems in Laying Hens to Exogenous and Endogenous Changes in Vitamin D Status

J. Nutr., 108, 1322 - 1328

BENESCH, R.; BARRON, N.S.; MAWSON, C.A. (1944)

Carbonic anhydrase, sulphonamides and shell formation in the domestic fowl

Nature, 153, 138 - 139

BERG, L.R.; BEARSE, G.E.; MILLER, V.L. (1944)

A comparison of two methods of supplying calcium to laying pullets

Washington Agr. Exp. Sta. Bull. No., 458, 20

BERG, R.G.; BEARSE, F.; MILLER, V.L. (1951)

The effect of periodically increasing the level of calcium and/or vitamin D on the performance of laying pullets

Poult. Sci., 30, 799 - 804

BERN, F.; EURILRID, B.; BOXMEER, V. (1978)

Das Leistungsaball-Syndrom

Dtsch. Geflügelwirtschaft und Schweineprod., 20, 500 - 504

BLOOM, M.A.; DOMM, L.V.; NALBANDOV, A.V.; BLOOM, W. (1958)

Medullary bone of laying chickens

Am.J. Anat., 102, 411 - 415

BRAGG, D.B.; FLOYD, J.; STEPHENSON, E.L. (1971)

Faktors affecting the Transfer of Ca (^{45}Ca) from the Hen's Diet to the Egg Shell

Poult.Sci., 50, 167 - 174

BURMESTER, B.R.; SCOTT, H.M.; CARD, L.E. (1939)

Rate of egg shell formation in the hen

Zit. nach TAYLOR, T.G.; STRINGER, D.A.
Egg shell Formation and Skeletal Metabolism
aus: STURKIE, P.D. (1965)
Avian Physiology
Chapter 15, Comstock Publishing Anociates,
New York

CARILLO, B.J.; WORKER, N.A. (1967)

Enteque seco: Arteriosclerosis y calcificacion metastatica de origen toxico en animales a pastoreo

Rev. Invest. Agropecuarias, INTA, Argent., Serie 4, Path. Anim., 4, 9 - 30

CAVALLI - SFORZA, L. (1974)

Biometrie

Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 3. Aufl.

COLLIER, W.A. (1927)

Zur Kenntnis einer als "Enteque" bezeichneten Krankheit der Rinder in der Provinz Buenos Aires

Z. Infekt.-Kr., parasit. Kr., Hyg.Hst., 31, 81 - 92

CORRADINO, R. A.; WASSERMAN, R.H.; PUBOLS, M.H.; CHANG, S.J. (1968)

Vitamin D_3 induction of a Ca-binding protein in the uterus of laying hen

Arch.Biochem.Biophys., 125, 378 - 380

CORRADINO, R.A. (1973)

Embryonic Chick Intestine in Organ Culture: A Unique System for the study of the Intestinal Calcium Absorptive Mechanism

J. Cell. Bio., 58, 64 - 78

DE LUCA, H.F. (1974)

Neue Erkenntnisse über den Vitamin-D-Stoffwechsel

Triangel, 12, 111 - 118

DIRKSEN, G.; PLANK, P.; HÄNICHEN, T.; SPIESS, A. (1972)

Über eine enzootische Kalzinose beim Rind 5. Mitteilung

Dtsch. Tierärztl. Wschr., 79, 77 - 79

DIRKSEN, G.; PLANK, P.; SIMON, U.; HÄNICHEN, T.; DANIEL, P.; SPIESS, A. (1974)

Über eine enzootische Kalzinose beim Rind 7. Mitteilung

Dtsch. Tierärztl. Wschr., 81, 1 - 5

DÖBEREINER, J.; TOKARNIA, C.H.; DE COSTA, J.B.D.; CAMPOS, J.L.E.; DAYRELL, M.D. (1971)

Zit. nach WASSERMAN, R.H. (1975)

Active Vitamin D - Like Substances in Solanum malacoxylon and Other Calcinogenic Plants

Nutr. Rev., 33, 1 - 6

DORRINGTON, K.J.; HUI, A.; HOFMANN, T.; HITCHMAN, A.J.W.; HARRISON, J.E. (1974)

Porcine Intestinal CaBP: Molecular Properties and the Effect of Binding Calcium Ions

J. Biol. Chem., 249, 199 - 204

DRESCHER, D.; DE LUCA, H.F. (1971)

Vitamin-D-Stimulated CaBP from Rat Intestinal Mucosa: Purification and Some Properties

Biochemistry, 10, 2 302 - 2 307

EMTAGE, J.S., LAWSON, D.E.M.; KODICEK, E. (1973)

Vitamin-D-induced Synthesis of m - RNA for CaBP

Nature, 246, 100 - 101

EMTAGE, J.S.; LAWSON, D.E.M.; KODICEK, E. (1974)

The Response of the Small Intestine to Vitamin D

Biochem. J., 140, 239 - 247

FULLMER, C.S.; WASSERMAN, R.H. (1975)

Isolation and Partial Characterisation of Intestinal Calcium - Binding Proteins from the Cow, Pig, Horse, Guinea Pig and Chick

Biochim. Biophys. Acta, 393, 134 - 142

GARLICH, J.D.; WYATT, R.D. (1971)

Effects of Increased Vitamin D_3 on Calcium Retention and Egg Shell Calcification

Poult. Sci., 50, 950 - 956

GILBERT, A.B. (1971)

The ovary; Egg Albumen and its formation; Transport of the egg through the oviduct and oviposition;
in: Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl
(Volume 3), Chapters 50, 54, 56
Edited by Bell, D.J. and Freeman, B.M.;
London and New York; Academic Press

GROPP, J. (1974)

Goldhaferuntersuchung

persönl. Mitteilung

GUTOWSKA, M.S.; MITCHELL, C.A. (1945)

Carbonic anhydrase in the calcification of the egg shell

Poult. Sci., 24, 159 - 167

GUTOWSKA, M.S.; PARKHURST, R.T. (1942)

Studies in mineral nutrition of laying hen II

Poult. Sci., 21, 321 - 328

HARMS, R.H.; WALDROUP, P.W. (1961)

The influence of diet calcium level and supplementing ascorbic acid and/or dienestrol diacetate upon performance of egg production type hens

Poult. Sci., 40, 1 345 - 1 348

HAUSSLER, M.R. (1975)

Neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der Vitamin-D-Forschung

Ärztl. Praxis, 27, 2 361 - 2 362

HAUSSLER, M.R.; WASSERMAN, R.H.; MC CAIN, T.A.; PETERLIK, M.; BURSAC, K.M.; HUGHES, M.R. (1976)

1,25 - Dihydroxyvitamin-D_3-Glycoside: identification of a calcinogenic principle of Solanum malacoxylon

Life Sci., 18, 1 049 - 1 056

HERTELENDY, F.; TAYLOR, T.G. (1960)

On the interaction between vitamin D and parathyroid hormone in the domestic fowl

Biochim. Biophys. Acta., 44, 200 - 208

HITCHMAN, A.J.W.; HARRISON, J.E. (1972)

Calcium - Binding Protein in the Duodenal Mucosa of the Chick, Rat, Pig and Human

Can. J. Biochem., 50, 758 - 765

HODGES, R.D.; LÖRCHER, K. (1967)

Possible sources of the carbonate fraction of egg shell calcium carbonate

Nature, 216, 609 - 610

HOFFMANN, G.; VÖLKER, H. (1966)

Anatomie und Physiologie des Nutzgeflügels

S. Hirzel Verlag, Leipzig

HOFMANN, J.H. (1971)

Untersuchungen über den Vitamin D_3 - Bedarf der japanischen Wachtel

Vet. med. Diss., München

KALLFELZ, F.A.; TAYLOR, A.N.; WASSERMAN, R.H. (1967)

Vitamin D - Induced Calcium - Binding Faktor in Rat Intestinal Mucosa

Proc. Soc. Exp. Bio. Med., 125, 54 - 58

KODICEK, E. (1974)

The Story of Vitamin D from Vitamin to Hormone

Lancet, 1, (2), 325 - 329

KOLATA, G.E. (1975)

Vitamin D: Investigation of a New Steroid Hormone

Science, 187, 635 - 636

LAWSON, D.E.M.; FRASER, D.R.; KODICEK, E.; MORRIS, H.R.; WILLIAMS, D.H. (1971)

Identification of 1,25-Dihydroxycholecalcifarol, a New Kidney Hormone Controlling Calcium Metabolism

Nature, 230, 228 - 230

MCLOUGHLIN, C.P.; SOARES, J.H. (1976)

A Study of the Effects of 25 Hydroxycholecalciferol and Calcium Source on Egg Shell Quality

Poult. Sci., 55, 1 400 - 1 410

MORRIS, K.M.L. (1977)

The effect on egg shell thickness of the inclusion of the calcinogenic plant "Solanum malacoxylon" in the diet of laying hens

Vet. Rec., 101, 502 - 504

MUELLER, L.S.; SCOTT, H.M. (1940)

Zit. nach MORRIS (1977)

Vet. Rec., 101, 502 - 504

NORDSTROM, JON O.; REID, B.L.; WEBER, C.W. (1972)

High Temperature, Calcium Balance, and Shell Formation in Laying Hens

Poult. Sci., 51, 1 846 - 1 847

NORDSTROM, JON O. (1973)

Duration of Egg Formation in Chickens during Heat Stress

Poult. Sci., 52, 1 687 - 1 690

NORMAN, A.W.; MITRA, M.N.; OKAMURA, W.H.; WIND, R.W. (1975)

Vitamin D: 3-Deoxy-1α-Hydroxyvitamin D_3, Biologically Active Analog of 1α, 25 Dihydroxyvitamin D_3

Science, 188, 1 013 - 1 015

NORMAN, A.W. (1974)

Gegenwärtige Vorstellungen zum biochemischen Wirkungsmechanismus von Vitamin D

Münch. med. Wschr., 116, 1 585 - 1 598

NORRIS, L.C.; HEUSER, G.F.; RINGROSE, T.; WILGUS, H.S. (1934)

Studies on calcium requirements of laying hens

Poult. Sci., 13, 308 - 309

PEH, J. (1969)

Haltung und Fütterung der japanischen Wachtel und Untersuchungen zum Nährstoffbedarf

Vet. Med. Diss., München

PEPPER, W.F. (1961)

Influence of calcium and ascorbic acid on egg quality

Poult. Sci., 40, 657 - 661

PETERLIK, M.; BURSAC, K.; HAUSSLER, M.R.; HUGHES, M.R.; WASSERMAN, R.H. (1976)

Further evidence for the 1,25-dihydroxyvitamin-D-like activity of Solanum malacoxylon

Biochem. Biophys. Res. Comm., 70, 797 - 804

PETERSEN, C.F.; CONCORD, D.H.; LUMIJARYI, D.H.; SAUTER, E.A.; LAMPMAN, D.E. (1960)

Studies on the calcium requirement of high producting White Leghorn hens

Idaho Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 44

RAMBECK, W.; ZUCKER, H. (1977)

Isolierung eines Vitamin D-ähnlichen Steroids mit Hilfe der HPLC.
Referat zu den Königsteiner Chromatographientagen am 28.10.77

RAMBECK, W.; WETZEL, A.; STARK, H. (1978)

persönl. Mitteilung

RAUCH, W. (1958)

Vergleichende Untersuchungen zur Qualitätsbeurteilung von Frischeiern

Arch. Geflügelk., 22, 79 - 81

RAUCH, W. (1965)

Die elastische Verformung von Hühnereiern als Maßstab für die Beurteilung der Schalenstabilität

Arch. Geflügelk., 29, 467 - 478

REDDY, C.V.; SANFORD, P.E. (1963)

Influence of dietary calcium in laying rations on shell quality and interior quality of eggs

Poult. Sci., 42, 1 302 - 1 303

ROSS, E.; SIMPSON, C.F.; ROWLAND, L.O.; HARMS, R.H. (1971)

Toxicity of Solanum sodomaeum and Solanum malacoxylon to Chicks

Poult. Sci., 50, 870 - 874

SCHOLTYSSEK, S. (1968)

Handbuch der Geflügelproduktion

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart-Hohenheim

SCHOLTYSSEK, S.; HÄUSSERMANN, W. (1963)

Zusammenhänge zwischen Calcium-Stoffwechsel (^{45}Ca) und Legeleistung von Käfighennen bei unterschiedlichem Temperatur- und Vitamin C - Angebot

Arch. Geflügelk., 27, 5 - 18

SCOTT, H.M.; JUNGHERR, E.; MATTERSON, L.D. (1944)

The effect of feeding sulfanilamide to the laying fowl

Poult. Sci., 23, 446 - 450

SCOTT; COMBS (1973)

Zit. nach POTTS, P.; WASHBURN, K.W. (1977)

The Effect of Supplemental Calcium and Vitamin D_3 on Line and Strain Differences in Egg Shell Strength

Poult. Sci., 56, 1 067 - 1 072

STUDENT, A. (1972)

Tabelle aus SACHS, L.:
Statistische Auswertungsmethoden

Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York

SUNDE, M.L. (1971)

What's behind our $ 60 million egg breakage

Farm Technol., 27 (1), 18 - 23

TAYLOR, A.N.; WASSERMAN, H. (1967)

Vitamin D_3-Induced CaBP:
Partical Purification, Electrophoretic Visualisation and Tissue Distribution

Arch. Biochem. Biophys., 119, 536 - 540

TAYLOR, L.W.; LERNER, I.M. (1939)

Inheritance of egg-shell thickness in White Leghorn pullets

J. Agric. Res., 58, 386 - 401

TAYLOR, T.G.; MOORE, J.H. (1954)

Skeletal depletion in hens laying on a low - calcium diet

Brit. J. Nutr., 8, 112 - 119

TAYLOR, T.G.; MOORE, J.H.; LOOSMORE, R.M. (1958)

Some effects of bone fracture in hens

Zbl. Vet.-Med., 5A, 579 - 583

TAYLOR, T.G. (1970)

How an Egg shell Is Made

Scient. Amer., 222, 89 - 95

THORNTON, D.A. (1959)

Further evidence on the value of ascorbic acid for maintenance of shell quality in warm environmental temperature

Poult. Sci., 38, 594 - 597

THORNTON, D.A. (1960)

The effect of dietary calcium level and the efficiency of ascorbic acid in maintenance of egg shell thickness at increased environmental temperatures

Poult. Sci., 39, 1 401 - 1 409

TITUS, H.W.; BYERLY, T.C.; ELUS, N.R.; NESTLER, R.B. (1937)

Effect of calcium and phosphorus content of diet of chickens on egg production and hatchability

Poult. Sci., 16, 118 - 128

TOFFOLON, E.P.; PECHET, M.; ISSELBACHER, K. (1975)

Demonstration of the Rapid Action of Pure Crystalline
1 - Hydroxyvitamin D_3 and 1α,25 Dihydroxy-vitamin D_3 on Intestinal Calcium Uptake

Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 72, 229 - 230

TYLER, C. (1954)

Studies on egg shells
IV: The site of deposition of radioactive calcium and phosphorus

J. Sci. Fd. Agric., 5, 335 - 343

TYLER, C.; GEAKE, M. (1961)

Zit. nach MORRIS (1977)

Vet. Rec., 101, 502 - 504

WASSERMAN, R.H.; CORRADINO, R.A. (1971)

Metabolic Role of Vitamine A and D

Ann. Rev. Biochem., 40, 512 - 532

WASSERMAN, R.H.; TAYLOR, A.N. (1971)

Evidence for a Vitamin D_3-Induced Calcium - Binding Protein in New - World Primates

Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 136, 25 - 28

WASSERMAN, R.H.; TAYLOR, A.N. (1974)

Die physiologische Bedeutung des Vitamin-D-abhängigen Calciumbindenden Proteins

Triangel, 12, 119 - 127

WASSERMAN, R.H.; CORRADINO, R.A.; KROOK, L.P. (1975)

Cestrum diurnum: A domestic plant with a 1,25 $(OH)_2$-D_3-like activity

Biochem. Biophys. Res. Comm., 62, 85 - 91

WORKER, N.A.; CARILLO, J. (1967)

"Enteque seco" calcification and wasting in grazing animals in the Argentine

Nature, 215, 72 - 74

ZUCKER, H.; GROPP, J. (1968)

Vitamin D_3-Bestimmung über die Eischalenbildung bei der japanischen Wachtel

Naturwiss., 55, 447 - 455

ZUCKER, H.; KREUTZBERG, O.; RAMBECK, W. (1977)

Vitamin D - Like Action of a Steroid from Trisetum flavescens

Proc. III Workshop on Vitamin D, Pacific Grove, California, January 9 - 13, 1977

DANKSAGUNG

Für die Überlassung von Arbeitsmöglichkeiten zur Durchführung meiner Untersuchung möchte ich Herrn Prof. Dr. H. Zucker herzlich danken, sowie auf die guten Arbeitsbedingungen im Institut hinweisen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. W. Rambeck für die stets gern gewährte Hilfe bei der Planung der Experimente sowie bei Fertigstellung der vorliegenden Arbeit.

Ebenso möchte ich Herrn Priv.-Doz. Dr. J. Gropp und Herrn Dr. H. Beck für die hilfsbereite Unterstützung im experimentellen und theoretischen Bereich meiner Arbeit recht herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. G. Dirksen danke ich besonders für das von ihm großzügig zur Verfügung gestellte Solanum malacoxylon - Material.

Ferner darf ich Fräulein E. Stadler und Frau G. von Rohr für die allzeit hilfsbereite technische Assistenz danken.

LEBENSLAUF

Horst Reichenbächer :	geb. am 22. Mai 1950 in Bamberg
Eltern :	Fritz Reichenbächer, Postamtmann a.D. Elli Reichenbächer, geb.Matthes
Familienstand :	verheiratet seit 16. Mai 1975 mit Mechthild Reichenbächer, geb.Wohlleber, Volksschullehrerin
Schulausbildung :	von 1956 - 1961 an der Pestalozzischule in Bamberg von 1961 - 1971 am Dientzen- hofer Gymnasium in Bamberg 1971 Reifeprüfung am math.nat. Zweig des Dientzenhofer Gymnasiums Bamberg
Universitätsausbildung :	1971 - 1973 Studium und Physikum an der Tierärztlichen Hochschule Hannover 1973 - 1976 Studium der Veterinärmedizin an der Universität München 1977 Staatsexamen und Approbation als Tierarzt
gegenwärtige Tätigkeit :	seit April 1978 wissenschaft- liche Hilfskraft am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysio- logie im Fachbereich Tiermedizin der Universität München